

**STUDI TENTANG PENGARUH KONEKTIVITAS TITIK
TERHADAP KUALITAS TITIK DALAM JARING GPS**

SKRIPSI



Di Susun Oleh :

FANNI ROSITA RAHMAN

99.25.092

**JURUSAN TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

MALANG

2006

5000
MILYAR
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
TUJUH BELAS JALAN KEMENANGAN 2-3

00'32'003
MILYAR ATWON MILYAR
di atasnya di

SKRIPSI

LEMBAGA KULIAH TEK DAN TUBUH TUBUH CBS
STUDI TENTANG PERUBAHAN KOLEKTIVITAS TEK

LEMBAR PENGESAHAN I

**STUDI TENTANG PENGARUH KONEKTIVITAS TITIK
TERHADAP KUALITAS TITIK DALAM JARING GPS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Mencapai Gelar Sarjana S-1 Teknik Geodesi**

Oleh :

Nama : Fanni Rosita Rahman

Nim : 99.25.092

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Ir. Rinto Sasongko, MT.)

Dosen Pembimbing II



(Ir. M. Nurhadi, MT)

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1



07/10/06

(Hery Purwanto, M. Sc.)

LEMBAR PENGESAHAN II

Dipertahankan di dalam Panitia Penguji Tugas Akhir Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, dan diterima untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat guna memperoleh gelar Sarjana S-1 Teknik Geodesi.

Pada hari/tanggal : Sabtu, 02 September 2006

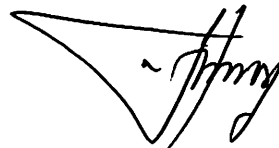
Panitia Ujian Tugas Akhir

Ketua



Ir. Agustina Nurul H, MTP
Dekan F.T.S.P

Sekretaris



Hery Purwanto, M.Sc
Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1

Anggota Penguji

Penguji I



(Ir. Agus Darpono, MT)

Penguji II



(Ir. M. Nurhadi, MT)

Penguji III



(Silvester. S, ST. MT)



..... *Untuk the great motivator Ricky Adrianto*

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah Penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat, hidayah dan inayah-Nya, tugas akhir yang berjudul "STUDI TENTANG PENGARUH KONEKTIVITAS TITIK TERHADAP KUALITAS TITIK DALAM JARING GPS" ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari dengan sepenuhnya bahwa penyelesaian tugas akhir ini tidak dapat terlepas dari bimbingan dan arahan serta petunjuk dan fasilitas yang tersedia. Oleh karena itu didalam kesempatan ini penulis menghaturkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak ..Hery Purwanto, M. Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi.
2. Bapak Christian Tongam Siahaan, ST. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Geodesi yang telah banyak membantu Penulis dalam hal administrasi.
3. Bapak Ir. Rinto Sasongko MT, selaku dosen pembimbing I yang telah dengan kesabaran memberikan pengarahan serta meluangkan waktu untuk konsultasi hingga penulis skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Ir. M Nurhadi, MT, selaku dosen pembimbing II yang telah sangat membantu Penulis, hingga penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan.
5. Yustina Elen, Ernesta Rambu Pindi, Handoko Giri Suta.
6. Thomas Haowang, Herodiannoor, Hasan, Tito, Dhani, Edward, Deta Fiatmoko, Bambang Setiawan, Osorio dan Aden
7. Saudara dan Keluarga Besarku
8. Untuk setan dan iblis penggoda, kalian adalah pecundang.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu karena demikian banyaknya.

Dan atas segala bimbingan dan waktu untuk fasilitas yang disediakan, penulis hanya mampu berdoa semoga amal bakti yang telah diberikan mendapatkan limpahan anugerah yang setimpal dari Allah SWT.

Dengan menyadari sepenuhnya bahwa penelitian ini tidak terlepas dari kekurangan, maka dengan segala hormat dan kerendahan hati, Penulis tidak mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak.

Akhirnya penulis berharap semoga apa yang disajikan dalam tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Malang, September 2006

Penulis.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I	
LEMBAR PENGESAHAN II	
LEMBAR PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	

BAB I PENDAHULUAN

I.1	LATAR BELAKANG	1
I.2	TUJUAN PENELITIAN.....	2
I.3	FAEDAH PENELITIAN	2
I.4	BATASAN MASALAH	2
I.5	TINJAUAN PUSTAKA	6

BAB II LANDASAN TEORI

II.1	METODE PENENTUAN POSISI dengan GPS	7
II.1.1	Metode Penentuan Posisi Absolut.....	9
II.1.2	Metode Penentuan Posisi Diffrensial.....	9
II.1.3	Metode Penentuan Posisi Statik.....	10
II.1.4	Metode Penentuan Posisi Kinematik.....	12
II.1.5	Metode Penentuan Posisi Statik Singkat.....	13
II.1.6	Metode Penentuan Posisi Pseudo-Kinematik.....	14
II.1.7	Metode Penentuan Posisi Stop and Go.....	15
II.2	SISTEM KOORDINAT KARTESIAN UNTUK PENETUAN POSISI	16
II.3	KONSEP PENENTUAN POSISI DENGAN GPS.....	19
II.4	SYARAT PENGAMATAN GPS.....	23
II.5	TITIK KONTROL TANAH.....	25
II.5.1	Macam Titik Kontrol Tanah.....	25
II.5.2	Pengikatan Ke Titik Tetap.....	26
II.6	KONEKTIVITAS TITIK DALAM JARING GPS.....	27
II.7	KONTROL KUALITAS BASELINE.....	39
II.8	KONTROL KUALITAS PERATAAN.....	30
II.8.1	Perataan Kuadrat Terkecil(<i>least Square Adjustment</i>)... ..	32

BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN

III.1 LOKASI PENELITIAN	36
III.2 PERALATAN PENELITIAN	37
III.3 METODOLOGI PELAKSANAAN PENELITIAN.....	37
III.4 PERSIAPAN PENELITIAN	41
III.5 SURVEI RECONNAISSANCE	42
III.6 PERENCANAAN PENGAMATAN GPS	43
III.7 PELAKSANAAN PENGAMATAN GPS.....	43
III.8 PENGOLAHAN DATA	51
III.8.1 Transfer Data.....	51
III.8.2 Pengolahan Baseline	54
III.8.3 Perataan Jaringan	60

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

IV.1 SURVEI <i>RECONNAISSANCE</i>	67
IV.2 PERENCANAAN PENGAMATAN GPS.....	68
IV.3 PELAKSANAAN PENGAMATAN GPS	70
IV.4 PROSES PENGOLAHAN BASELINE	71
IV.5 PERATAAN JARINGAN.....	76
IV. 5. 1. Analisa Kesalahan Penutup <i>Loop</i> dalam Jaringan....	78
IV. 5. 2. Analisa Iridikator Kualitas Kontrol pada Perataan Jaringan.....	81
IV.5. 3. Anlisa Ketelitian Titik dalam Jaringan berdasar Ellips Kesalahan Absolut untuk masing-masing Asumsi.....	87
IV. 5. 4. Analisa terhadap kesalahan Acak pada Titik dalam Jaringan berdasar Nilai <i>External Reliability</i>	92
IV. 5. 5. Analisa Pengaruh Jumlah Konektivitas Titik Pada Kualitas RTA03.....	95
IV. 5. 6. Koordinat Hasil Perataan Jaringan Dalam Sistem Proyeksi <i>Tranverse Mercator</i>	97

BAB V KESIMPULAN

V.1 KESIMPULAN.....99
V.2 SARAN101

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat [Abidin 1999]. Sistem yang terdiri dari 24 satelit ini dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca, serta didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti dan juga informasi mengenai waktu secara kontinyu diseluruh dunia. Dibandingkan dengan sistem dan metode penentuan posisi lainnya, GPS memiliki banyak kelebihan dan menawarkan lebih banyak keuntungan, baik operasional maupun kualitas posisi yang diberikan.

Konektivitas titik, yaitu jumlah *baseline* yang terikat ke suatu titik, secara khusus akan mempengaruhi ketelitian dari koordinat titik tersebut, dan secara umum akan mempengaruhi kualitas jaringannya. Secara teoritis, semakin tinggi jumlah konektivitas titik, yaitu semakin banyak jumlah *baseline* yang terikat ke suatu titik, maka kualitas titik dari koordinat tersebut akan semakin baik, dan sebaliknya (Abidin, Jones, Kahar 2002). Seringkali survei GPS gagal memenuhi ketelitian yang diinginkan oleh karena kesalahan dalam desain dan perencanaan Jaringan. Sering juga dilupakan bahwa konektivitas titik dalam perencanaan jaring GPS memegang peran penting dalam kontribusi ketelitian hasil dari survei GPS.

Yang terjadi dalam mendesain jaring pengamatan GPS adalah cukup dengan memenuhi syarat prosedur lapangan sesuai dengan orde ketelitian yang disyaratkan. Berdasar atas hal tersebut, diperlukan penelitian untuk mengkaji pengaruh jumlah konektivitas titik terhadap ketelitian titik dalam jaring GPS.

I. 2. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian bertujuan antara lain, sebagai berikut:

1. Mengkaji tingkat ketelitian titik dalam jaring GPS berdasar jumlah konektivitas pada titik tersebut.
2. Mengkaji pengaruh penambahan konektivitas dan jumlah *loop* dalam jaring GPS terhadap ketelitian jaring GPS.

1.3. FAEDAH PENELITIAN

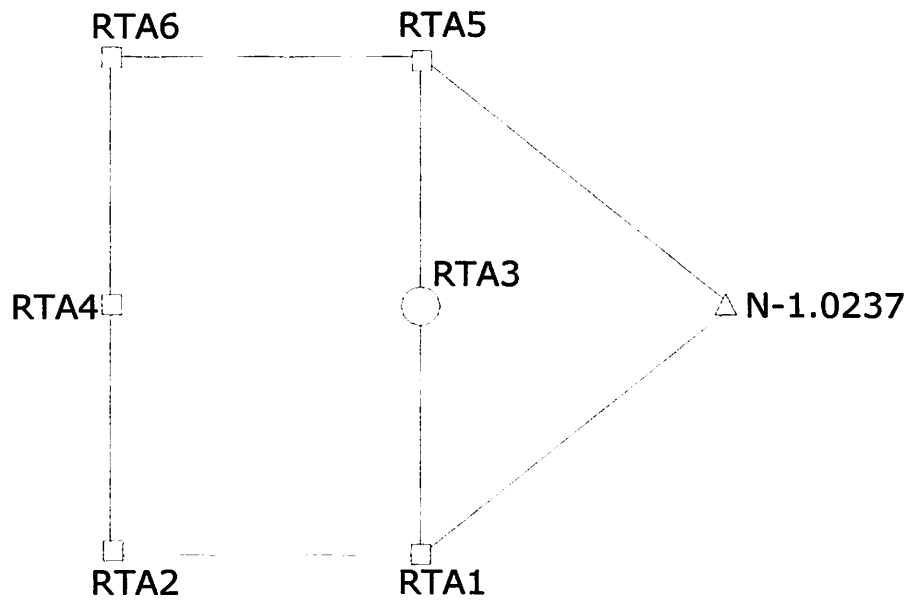
Penelitian bermanfaat untuk perencanaan survei GPS dan pendesainan jaring GPS sesuai dengan ketelitian yang akan dicapai.

1.4. BATASAN MASALAH

Penelitian ini dibatasi dengan beberapa hal berdasar maksud dan tujuan, antara lain:

1. Model jaringan yang diteliti hanya melibatkan *baseline independent/non trivial* dalam pemrosesan *baseline* dan perataan jaringan.
2. Parameter Ephemeris yang digunakan adalah *Broadcast*.
3. Penelitian berdasar pada empat Skema, yaitu:
 - **Skema 1**
 - a. Titik yang diteliti dihubungkan oleh 2(dua) *baseline* independen.

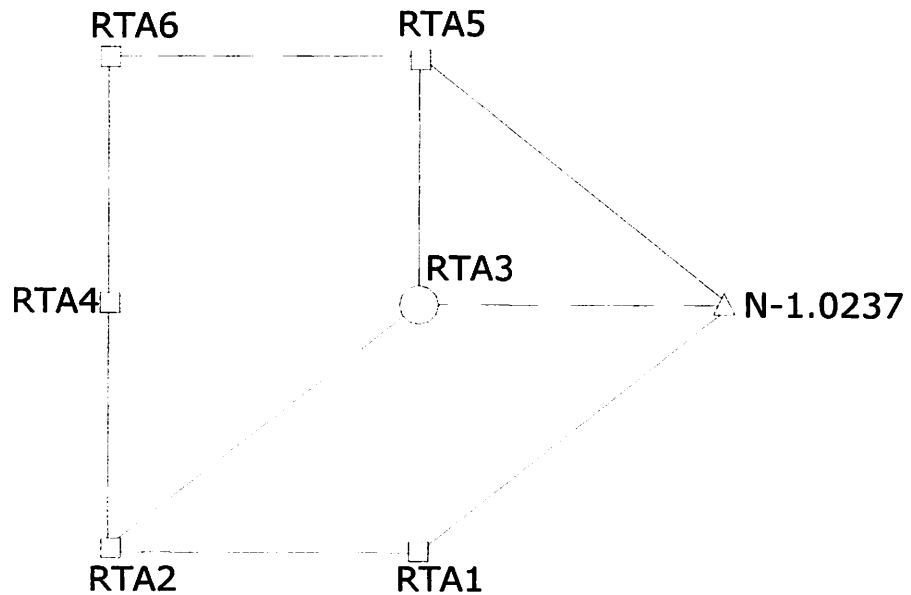
b. Jaringan yang diteliti terdiri dari dua loop.



• **Skema 2**

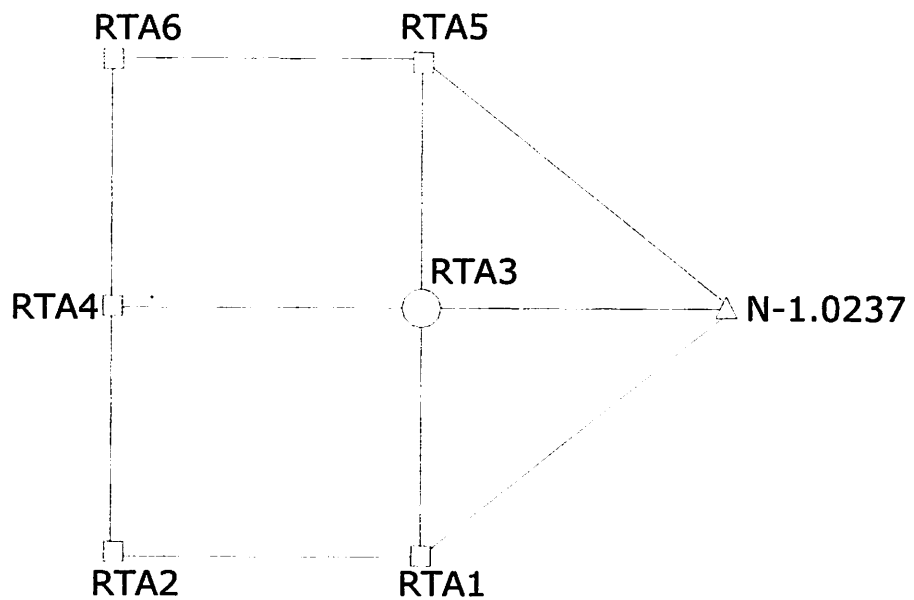
a. Titik yang diteliti dihubungkan oleh 3(tiga) *baseline* independen.

b. Jaringan yang diteliti terdiri dari tiga loop.



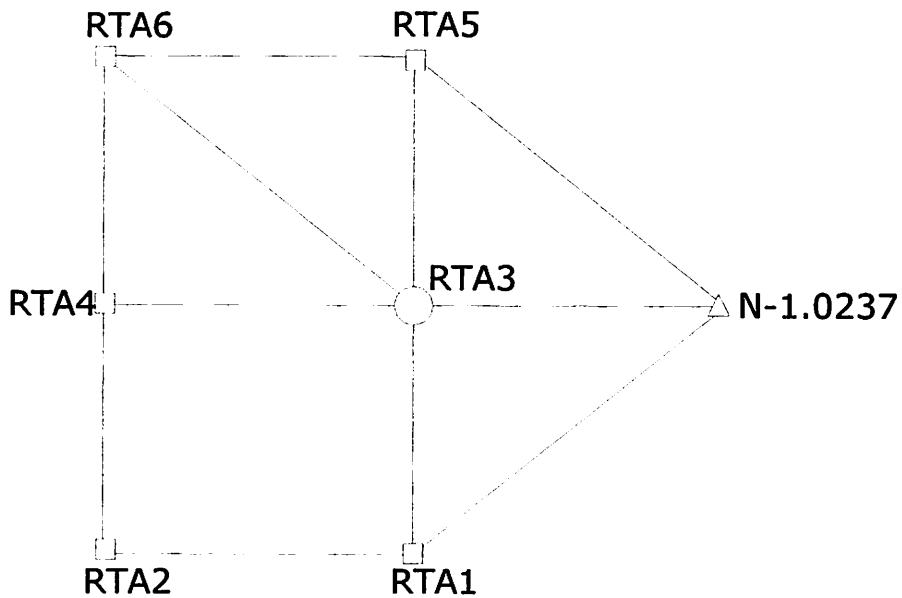
- **Skema 3**

- a. Titik yang diteliti dihubungkan oleh 4(empat) *baseline* independen.
- b. Jaringan yang diteliti terdiri dari empat *loop*.



- **Skema 4**

- a. Titik yang diteliti dihubungkan oleh 5(lima) *baseline* independen.
- b. Jaringan yang diteliti terdiri dari lima *loop*.



Keterangan:

- N-1 : Titik kontrol orde 1 BAKOSURTANAL
- RTA1 : Titik 01
- RTA2 : Titik 02
- RTA3 : Titik 03 (Titik yang secara khusus diteliti tentang pengaruh jumlah konektivitasnya)
- RTA4 : Titik 04
- RTA5 : Titik 05
- RTA6 : Titik 06

4. Penelitian menggunakan titik kontrol orde satu nasional BAKOSURTANAL.
5. Analisa ketelitian berdasar pada standart deviasi, dimensi *ellips* kesalahan absolut, nilai *external reliability*, *Sigma Aposteriori*, kesalahan penutup *loop* dan nilai statistik hasil perataan jaringan untuk masing-masing skema.

1.5. TINJAUAN PUSTAKA

Secara teoritis, semakin tinggi jumlah konektivitas titik, yaitu semakin banyak jumlah *baseline* yang terikat ke suatu titik, maka kualitas dari titik tersebut akan semakin baik, dan sebaliknya (Abidin, Jones, Kahar, 1995).

Jumlah konektivitas titik yang akan digunakan dalam perencanaan dan desain jaring GPS akan mempengaruhi ketelitian hasil pengukuran GPS dan berbanding lurus dengan biaya yang akan dikeluarkan (Rizoz, 1999).

Agar supaya pelaksanaan pengukuran dengan GPS dapat berjalan dengan efisien dan efektif, sehingga hasil yang optimal dapat dicapai maka harus diadakan beberapa hal yang berkaitan dengan klasifikasi, serta standar survei dan spesifikasi. Dalam hal ini spesifikasi didefinisikan sebagai metoda-metoda pengukuran dilapangan yang dapat dilakukan untuk memenuhi persyaratan standar survei tertentu. Standar survei didefinisikan sebagai ketelitian minimum yang diperlukan untuk memenuhi beberapa objektif yang spesifik. Standar survei ini selanjutnya diklasifikasikan menjadi kelas-kelas tertentu (Subarya, Matindas, Abidin, 1996).

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bagian ini penulis membahas tentang metode penentuan posisi dengan GPS

II. 1. METODE PENENTUAN POSISI DENGAN GPS

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini di desain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara simultan

Jaringan titik kontrol pada saat ini umumnya ditentukan dengan GPS, keuntungan memakai metode penentuan posisi dengan GPS untuk pengukuran jaringan titik kontrol antara lain adalah penghematan waktu dan tingkat ketelitian hasil pengukuran.

Berdasar mekanisme aplikasinya, metode penentuan posisi dengan GPS adalah sebagai berikut:

survei	Absolut 1 receiver	Deferensial 2 receiver	Titik	Receiver
<i>Static</i>	√	√	Diam	Diam
<i>Kinematic</i>	√	√	Bergerak	Bergerak
<i>Rapid Static</i>	–	√	Diam	Diam dalam waktu singkat
<i>Pseudo – kinematic</i>	–	√	Diam	Diam dan bergerak
<i>Stop-and-Go</i>	–	√	Diam	Diam dan bergerak

Tabel 2. 1. Mekanisme aplikasi GPS dan metode penentuan posisi dengan GPS

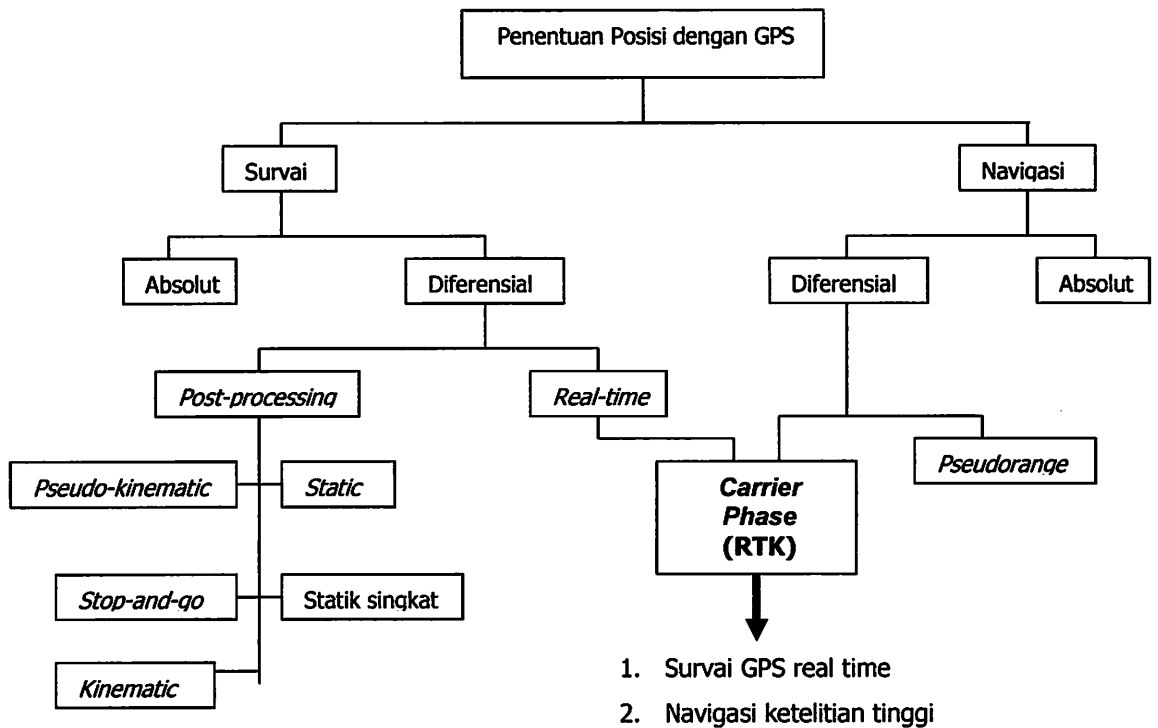


Diagram 2.1. Metode penentuan posisi dengan GPS[Abidin 1999].

Pemilihan metode survai harus dilakukan secermat mungkin untuk memenuhi spesifikasi ketelitian yang diinginkan, efisiensi dan efektivitas survai yang baik juga dapat tercapai.

Tujuan Survai	Metode Survai	Mode Survai
Pengadaan titik kontrol Geodetik	Static	Jaringan
Survai Deformasi	Static	<ul style="list-style-type: none"> • Jaringan • radial
Pengadaan titik kontrol pemetaan skala lokal dan fotogrametri	Statik singkat	<ul style="list-style-type: none"> • Jaringan • radial
Survai batas daerah	Statik singkat	radial
<ul style="list-style-type: none"> • Survai jalan raya • Pemetaan situasi • Survai GIS 	<ul style="list-style-type: none"> • Pseudo kinematic • Kinematic • Stop n Go 	radial

Tabel 2. 2. Pemilihan metode survai

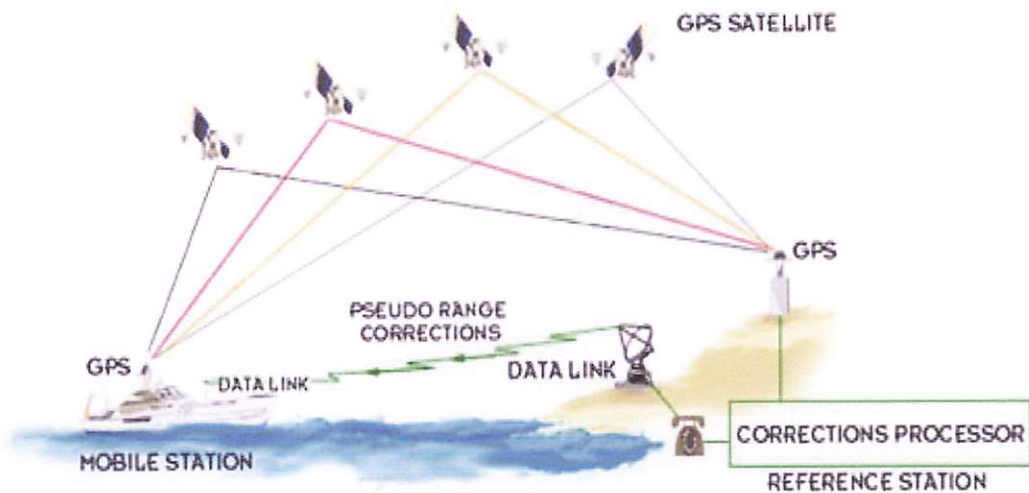
II. 1. 1. Metode Penentuan Posisi Absolut

Metode penentuan posisi absolut atau *point positioning*, dilakukan pada setiap titik tanpa bergantung titik lainnya. Posisi ditentukan dalam sistem elipsoid WGS 1984 terhadap pusat massa bumi. Prinsip penentuan posisi adalah reseksi dengan jarak ke beberapa satelit secara simultan. Metode ini hanya memerlukan satu *receiver* GPS. Titik yang ditentukan posisinya bisa dalam keadaan diam atau bergerak. Ketelitian posisi yang diperoleh bergantung pada tingkat ketelitian data serta geometri dari satelit. Metode ini tidak dimaksudkan untuk penentuan posisi yang teliti, akan tetapi sejak kebijakan *Selective Availability* (SA) dihapus sejak 2 Mei 2000 Pengadaan titik kontrol secara absolut menjadi memungkinkan.

II. 1. 2. Metode Penentuan Posisi Diferensial

Metode penentuan posisi diferensial disebut juga metode penentuan posisi relatif, dengan mengurangi data yang diamati oleh dua *receiver* GPS pada waktu yang bersamaan, maka beberapa jenis kesalahan dapat direduksi. Pengeliminasian dan reduksi ini akan meningkatkan akurasi dan presisi data, dan selanjutnya akan meningkatkan tingkat akurasi dan presisi yang diperoleh. Dalam penentuan secara diferensial ada dua aplikasi yaitu sistem DGPS dan sistem RTK.

Sistem DGPS (*Differential GPS*) digunakan untuk penentuan posisi obyek-obyek yang bergerak Untuk merealisasikan tuntutan *real time*-nya, maka *monitor station* harus mengirim koreksi diferensial ke pengguna secara *real time* dengan menggunakan sistem komunikasi data tertentu. Koreksi diferensial dapat berupa koreksi *pseudorange* maupun koreksi koordinat.



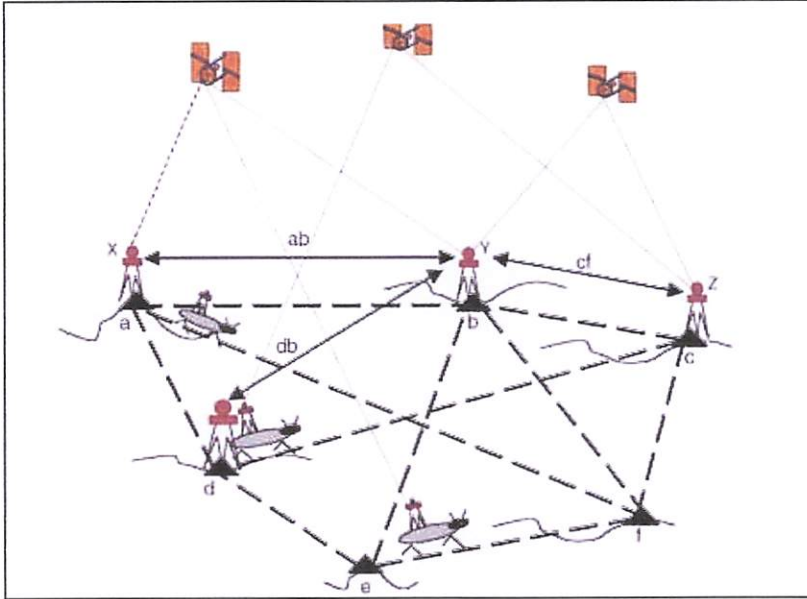
Gambar 2. 1. Koreksi diferensial berupa koreksi *pseudorange*. (hasil survei).

Sistem RTK (*Real Time Kinematic*) digunakan untuk penentuan posisi *real time* secara diferensial menggunakan data fase. Untuk merealisasikan *real time*-nya, stasiun referensi harus mengirim kan data fase dan *pseudorange*-nya ke pengguna secara *real time* menggunakan sistem komunikasi data tertentu. Sistem RTK tidak hanya dapat merealisasikan survei GPS *real time* tapi juga navigasi ketelitian tinggi.

II. 1. 3. Metode Penentuan Posisi Statik

Penentuan posisi secara statik adalah penentuan posisi dari titik-titik yang statis atau diam. Penentuan posisi dapat dilakukan secara absolut maupun diferensial dengan menggunakan data *pseudorange* dan/atau data fase. Dibandingkan dengan metode penentuan posisi lain, metode statik memberikan ketelitian posisi relatif lebih tinggi, dapat mencapai orde mm sampai cm. Metode penentuan posisi secara statik banyak digunakan untuk penentuan koordinat dari titik-titik kontrol untuk keperluan pemetaan maupun pemantauan fenomena deformasi dan geodinamika. Pada prinsipnya, survei

GPS bertumpu pada metode penentuan posisi dengan metode statik secara diferensial dengan menggunakan data fase. Pengamatan satelit GPS umumnya dilakukan *baseline per baseline* selama selang waktu tertentu dari beberapa puluh menit hingga beberapa jam tergantung pada ketelitian yang ingin dicapai dalam suatu jaringan dari titik yang akan ditentukan posisinya.



Gambar 2. 2. Penentuan posisi titik-titik dengan metode survei GPS static(hasil survey).

Lama waktu pengamatan baseline dalam suatu jaringan GPS sangat mempengaruhi ketelitian hasil dari survei. Berikut adalah hubungan antara lama pengamatan dengan beberapa faktor.

Tabel 2. 3. Selang waktu pengamatan baseline GPS [Leica GeoSystem 2000]

Jumlah satelit (GDOP<8)	Panjang Baseline (KM)	Siang Hari (menit)	Malam Hari (menit)
4 atau 5	5-10	30-45	20-35
4 atau 5	10-15	45-60	30-50
4 atau 5	15-30	60-120	60
4 atau 5	>30	120-180	120

Spesifikasi diatas diturunkan oleh Leica berdasar hasil pengujian:

- di daerah lintang menengah (*mid latitudes*), dengan
- level aktivitas ionosfer yang relatif tinggi (berdasar variasi 11 tahunan)
- interval perekaman data adalah 15 detik

Tabel 2. 4. Selang waktu pengamatan baseline GPS [Abidin, Jones, Kahar 1997]

Panjang Baseline (KM)	Metode Pengamatan	Lama Pengamatan (hanya L1)	Lama Pengamatan (L1 dan L2)
0-5	Stop n Go	2 menit*	2 menit*
0-5	Static singkat	30 menit	15 menit
5-10	Static singkat	50 menit	25 menit
10-30	Static	90 menit	60 menit
30-50	Static	180 menit	120 menit

Spesifikasi diatas diturunkan dengan asumsi berikut:

- 4 atau 5 satelit dapat diamati
- GDOP <8
- 1 epok=15 detik
- Pengamatan pada siang hari
- Lokasi pengamatan *wide open*
- Level aktivitas atmosfer dan ionosfer relative sedang
- * ambiguitas fase dianggap telah ditentukan dengan benar sebelum *receiver* bergerak

Pada survai GPS, pemrosesan data GPS untuk menentukan koordinat dari titik-titik dalam jaringan umumnya akan mencakup tiga tahap utama perhitungan yaitu:

- ☞ Pengolahan data dari tiap *baseline* dalam jaringan.
- ☞ Perataan jaringan untuk menentukan koordinat titik-titik.
- ☞ Tranformasi koordinat titik-titik tersebut dari datum elipsoid WGS 1984 ke datum yang diperlukan pengguna.

II. 1. 4. Metode Penentuan Posisi Kinematik

Penentuan posisi secara kinematik adalah penentuan posisi dari titik-titik yang bergerak dan *receiver* GPS tidak dapat atau tidak punya kesempatan untuk berhenti pada titik-titik tersebut.

Penentuan posisi secara kinematik dapat dilakukan secara absolut maupun diferensial dengan menggunakan data *pseudorange* dan/atau data *fase*. Hasil penentuan posisi dapat dilakukan saat pengamatan atau *real time*

maupun setelah pengamatan atau *post processing*. Untuk *real time differential positioning* diperlukan komunikasi data antara *monitor station* dan *receiver* yang bergerak.

Berdasarkan jenis data yang digunakan serta metode penentuan posisi yang digunakan, ketelitian posisi kinematik yang diberikan GPS dapat berkisar dari tingkat: rendah yaitu dengan metode penentuan posisi absolut *pseudorange* sampai tingkat tinggi yaitu penentuan posisi diferensial dengan data fase.

Metode kinematik telah banyak diaplikasikan, antara lain untuk navigasi, pemantauan, *guidance*, fotogrametri, *airborne gravimetry*, survei hidrografi, dll.



Gambar 2. 3. Pengukuran ke akuratan letak bangunan secara real time kinematik menggunakan Trimble 5800 RTK GPS system(hasil survei)

II. 1. 5. Metode Penentuan Posisi Statik Singkat

Metode survei statik singkat atau *rapid static* adalah survei statik dengan lama waktu pengamatan yang singkat yaitu 5 hingga 20 menit. Prosedur operasional lapangan sama dengan metode statik hanya waktu pengamatannya lebih singkat.

Survei statik singkat untuk mendapatkan hasil yang teliti memerlukan proses penentuan *ambiguity* secara cepat dan tepat sehingga memerlukan

software yang andal dan canggih, metode ini juga memerlukan geometri pengamatan yang baik, tingkat residu kesalahan dan bias yang relatif rendah, serta lingkungan pengamatan yang relatif tidak menimbulkan *multipath*. Biasanya metode statik singkat digunakan bersamaan dengan survei statik, survei statik digunakan untuk menentukan koordinat titik-titik kontrol yang relatif berjarak jauh dan memerlukan ketelitian tinggi, sedangkan survei statik digunakan untuk menentukan koordinat dari titik-titik kontrol yang relatif berdekatan dan berorde ketelitian lebih rendah. *Receiver* GPS tipe geodetik yang beredar dipasaran umumnya mampu melaksanakan survei statik maupun statik singkat, jadi kombinasi metode keduanya bukanlah suatu hal yang sulit.

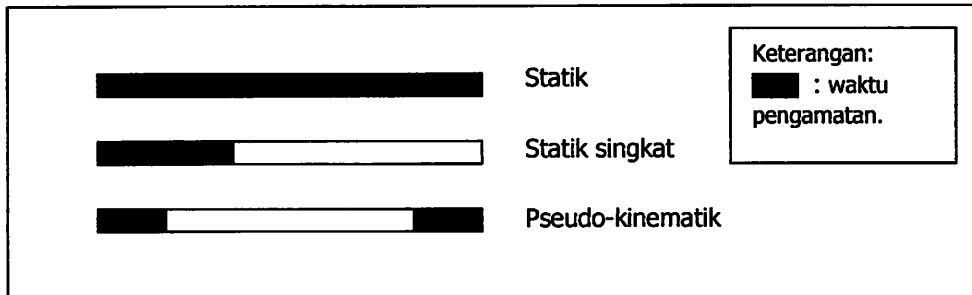


Gambar 2. 4. Pengukuran titik kontrol minor konstruksi menggunakan Trimble 4800 LS secara rapid static(hasil survey)

II. 1. 6. Metode Penentuan Posisi Pseudo-Kinematik

Metode pseudo-kinematik atau *intermittent* atau *reoccupation*, pada dasarnya dapat dilihat sebagai realisasi dari dua metode statik singkat yang

dipisahkan oleh selang waktu relatif lama yaitu antara satu sampai beberapa jam.

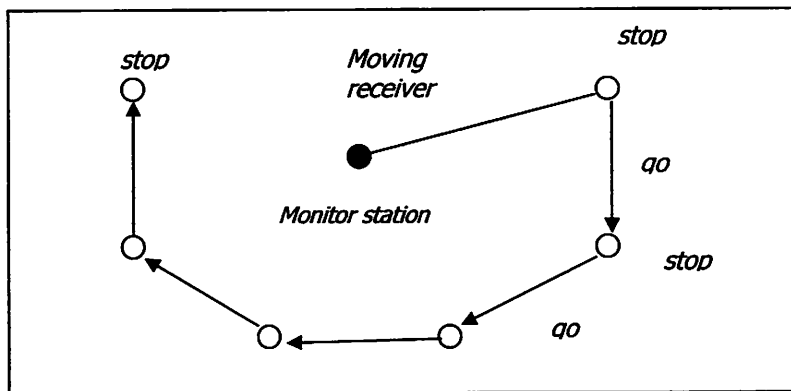


Gambar 2. 5. Perbandingan waktu pengamatan metode statik, statik singkat dan pseudo-kinematik[Abidin 1999].

Pada metode ini, pengamatan dalam dua sesi yang berselang waktu relatif lama dimaksudkan untuk meliputi perubahan geometri yang cukup besar, sehingga diharapkan dapat mengukuhkan penentuan *ambiguity fase* serta mendapat ketelitian posisi yang relatif baik. Perhitungan vektor *baseline* dilakukan dengan menggunakan data gabungan dari dua sesi pengamatan tersebut. Tidak semua *receiver* GPS dapat melakukan metode ini dan tidak semua *software* pengolahan data GPS dapat mengolah data dari survei dengan metode ini.

II. 1. 7. Metode Penentuan Posisi *Stop-and-Go*

Metode *stop-and-go* adalah salah satu metode penentuan posisi titik-titik dengan GPS, yang kadang disebut juga semi kinematik. Pada metode ini, titik-titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak, sedang *receiver* GPS bergerak dari titik-titik dimana pada setiap titiknya *receiver* diam beberapa saat pada titik tersebut.



Gambar 2. 6. Metode penentuan posisi stop-and-go [Abidin 1999].

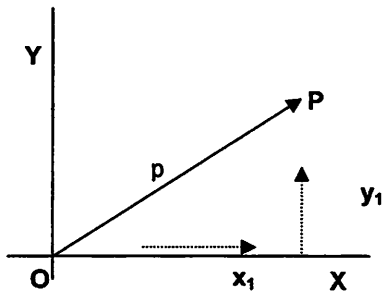
Metode *stop-and-go* berbasiskan pada penentuan posisi secara diferensial dengan menggunakan data fase. Koordinat dari titik-titik ditentukan relatif terhadap koordinat dari stasiun referensi atau *monitor station*. Pada metode ini *ambiguity phase* pada titik awal harus ditentukan sebelum *receiver* GPS bergerak. Agar harga *ambiguity* yang telah ditentukan dapat dipergunakan dalam perhitungan koordinat dari titik-titik berikutnya, maka metode *stop-and-go* ini selama pergerakan antar titik, *receiver* tidak boleh terputus dalam pengamatan sinyal dari satelit atau tidak terjadi *cycle slip*. Seandainya ini bisa dilakukan, maka untuk mencapai ketelitian posisi relatif titik dalam orde cm, *receiver* GPS cukup berhenti selama 1-2 menit untuk setiap titik.

Berikut ini akan dijelaskan secara singkat mengenai sistem koordinat kartesian dan konsep penentuan posisi dengan GPS

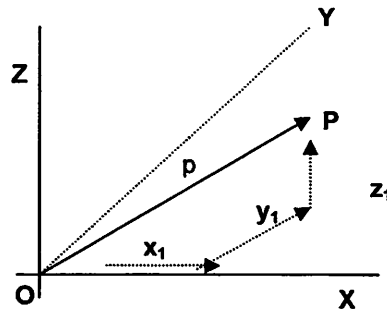
II. 2. SISTEM KOORDINAT KERTESIAN UNTUK PENENTUAN POSISI

Pada penentuan posisi dengan GPS, posisi digambarkan sebagai vektor atau *suatu kuantitas yang memiliki besaran dan arah didalam ruang* yang memberi informasi lokasi suatu titik. Vektor dapat didefinisikan sebagai vektor bebas atau *free vector* dan vektor terikat atau *fixed vector*

Vektor bebas adalah vektor yang tak terikat oleh sistem kordinat atau titik datum apapun. Pada aplikasi Geodesi, vektor terletak dalam lokasi/sistem tertentu dan kondisi ini disebut terikat. Vektor terikat adalah vektor yang memberi informasi tentang lokasi dari suatu titik terhadap suatu datum dan penamaan lokasi ini dikenal dengan istilah koordinat dari suatu titik¹.



Gambar 2. 1. Sistem koordinat XY (Tjahjadi 2002).



Gambar 2. 2. Sistem koordinat XYZ (Tjahjadi 2002).

Pada gambar 2. 1. titik P dalam sistem koordinat XY. Antara titik pusat sistem XY terdapat vektor OP dengan komponen vektor x_1 dan y_1 . sehingga jika titik p diposisikan dengan vektor posisi maka

$$P = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}$$

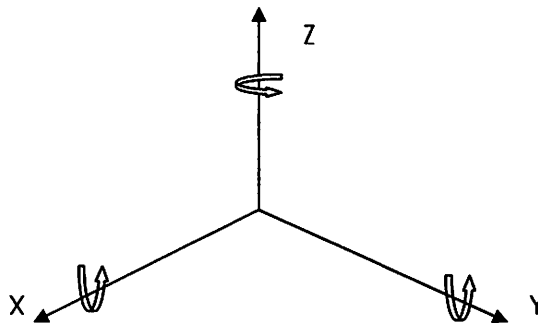
Dimana P adalah vektor posisi dan x_1, y_1 adalah komponen dari vektor posisi p atau koordinat(x_1, y_1) dari titik p. Pada gambar 2. 2. titik p dalam sistem kordinat XYZ. Antara titik pusat sistem XYZ, suatu vektor OP memiliki komponen vektor x_1, y_1, z_1 . sehingga jika titik P diposisikan dengan vektor posisi maka :

¹ Abidin, 1999: Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya, Pradnya Paramitha

$$P = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix}$$

Dimana p adalah vektor posisi sedangkan x_1 , y_1 dan z_1 adalah komponen dari vektor posisi p atau lebih dikenal sebagai koordinat(x_1 , y_1 , z_1) titik p.

Posisi tiga dimensi (X, Y, Z) yang diberikan oleh GPS dinyatakan dalam datum WGS 1984. WGS -1984 adalah sistem koordinat kartesian terikat- bumi, pusatnya berimpit dengan pusat massa bumi, sumbu z nya berimpit dengan sumbu putar bumi melalui CTP(*Conventional Terrestrial Pole*) sumbu X nya terletak pada bidang meredian nol(*Greenwich*), sumbu Y nya tegak lurus sumbu-sumbu X dan Z dan membentuk sistem tangan kanan², karena arah rotasi atau perputaran masing-masing sumbunya berlawanan dengan arah jarum jam.



Gambar2.7. Perjanjian arah rotasi dari masing-masing sumbu sistem koordinat kartesian(Tjahjadi 2002).

² Abidin, 1999: Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya, Pradnya Paramitha.

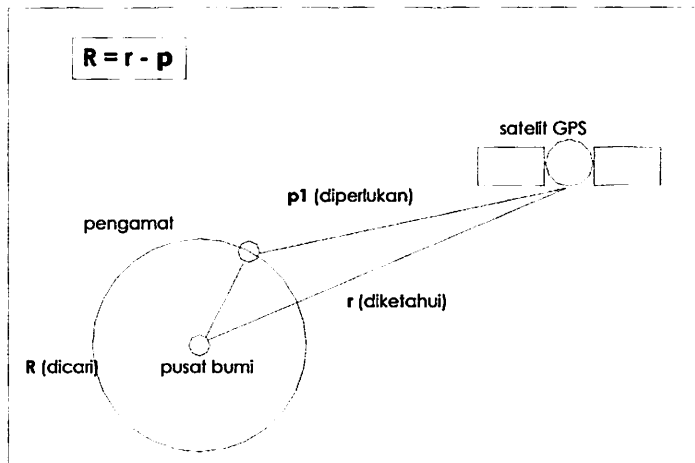
Elipsoid yang digunakan adalah GRS (*Geodetik Reference System*) 1980 dengan parameter :

- Semimajor : $a = 6378137$ m
- Sumbu pendek : $b = 6356752.314$ m
- Pengepungan : $f = 1/298.2572221$

Sistem koordinat kartesian pada ellipsoid GRS 1980 adalah geosentrik karena origin atau titik pusat ellipsoid berada di pusat bumi yang diperjanjikan CIO (*Conventional International Origin*), dan sumbu Z atau sumbu pendek ellipsoid mengarah pada kutub utara rata-rata yang diperjanjikan CTP (*Conventional Terrestrial Pole*)

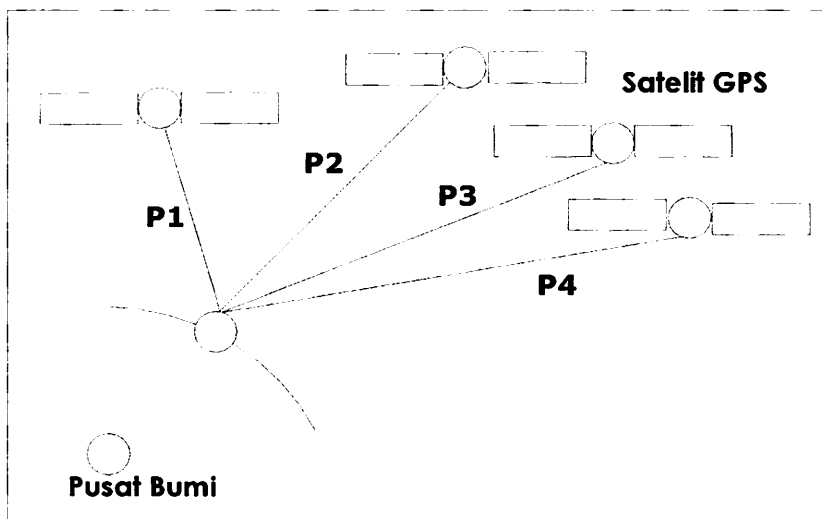
II. 3. KONSEP PENENTUAN POSISI DENGAN GPS

Pada dasarnya konsep penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi atau pengikatan kebelakang antara jarak dengan jarak, yaitu pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Parameter yang akan ditentukan adalah vektor posisi geosentrik pengamat (R), sementara vektor posisi geosentrik satelit GPS (r) telah diketahui, maka yang perlu ditentukan adalah vektor posisi toposentris satelit terhadap pengamat(ρ)³.



Gambar 2.8. Konsep Penentuan Posisi Dengan GPS(Abidin, 1999).

Rumus pada gambar diatas tidak dapat diterapkan pada pengamatan GPS, karena yang bisa diukur hanyalah jarak antara pengamat dengan satelit dan bukan vektornya. Penentuan posisi pengamat dilakukan dengan pengamatan terhadap beberapa satelit sekaligus secara simultan.



Gambar 2.9. Prinsip Dasar Penentuan Posisi Dengan GPS(Abidin, 1999).

Dengan GPS, titik yang akan ditentukan posisinya dapat diam (*static positioning*) ataupun bergerak (*kinematic positioning*), posisi titik dapat ditentukan dengan menggunakan satu *receiver* GPS terhadap pusat bumi dengan menggunakan metode *absolute positioning*, ataupun terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (*monitor station*) dengan menggunakan metode *differential (relative) positioning* yang menggunakan minimal dua *receiver* GPS.

Terdapat dua prosedur pengamatan menggunakan GPS, yaitu *Pseudorange positioning* dan *Carrier phase measurement positioning*. *Pseudorange* menentukan jarak antara satelit dan *receiver* dengan cara menghitung secara tepat waktu perjalanan sinyal dari satelit ke *receiver*. Perhitungan waktu ini dilakukan dengan menghitung perubahan yang terjadi pada kode PRN (*Pseudo Random Noise*). Kemudian dari frekuensi kode PRN yang diketahui, waktu tempuh sinyal dari satelit menuju *ground receiver* dapat diketahui dengan sangat tepat. Dengan mengetahui kecepatan dan waktu tempuh sinyal maka jarak dapat ditentukan, berdasar pada jarak tersebut maka posisi dipermukaan bumi dapat dihitung. Oleh karena *Pseudorange* berdasarkan pada mengukur kode PRN, maka teknik observasi ini seringkali dinamakan "*code measurement*" [Wolf, Ghilani 1997].

Carrier phase measurement positioning adalah mengamati perubahan *phase* yang terjadi sebagai akibat perjalanan gelombang pembawa dari satelit menuju *ground receiver*. Oleh karena satelit secara terus menerus bergerak maka jam satelit dan jam *receiver* harus sinkron dengan sempurna, akan tetapi hal ini seringkali tak dapat dilakukan. Mengatasi kesalahan jam dan kesalahan lain yang terjadi pada system ini adalah dengan teknik yang dikenal sebagai "*differencing*". *Single differencing* adalah mengukur ke dua satelit yang berbeda dengan satu *receiver* pada satu waktu pengamatan, akan mengeliminasi kesalahan jam *receiver*. Mengukur dengan menggunakan dua *receiver* ke satu

satelit pada satu waktu pengamatan akan menghilangkan kesalahan jam satelit. *Double differencing*, mengukur menggunakan dua *receiver* ke dua satelit pada satu waktu pengamatan akan menghilangkan baik kesalahan jam satelit maupun kesalahan jam *receiver* dan kesalahan system lainnya. Masalah lain yang terjadi ketika menggunakan metode *carrier phase measurement* adalah hanya *phase* terakhir dari gelombang pembawa yang diukur, sehingga jumlah gelombang penuh selama menempuh perjalanan dari satelit menuju *receiver* tidak diketahui. Dengan menggunakan teknik *differencing* yang disebut dengan *triple differencing*, ketidakjelasan jumlah gelombang penuh ini dapat diketahui. *Triple differencing* adalah pengukuran dalam dua waktu pengamatan yang berbeda ke dua satelit berbeda menggunakan dua titik yang berbeda.

Triple differencing dalam prakteknya melibatkan empat atau lebih satelit yang diamati menggunakan minimal dua *receiver* dan pengamatan ini dilakukan berulang-ulang. Hal tersebut mengakibatkan *redundant* pengamatan dalam jumlah yang sangat besar. Oleh karena itulah metode ini memerlukan perataan untuk mendapatkan hasil terbaik.

Prosedur pengamatan *Carrier phase measurement* memberikan hasil yang lebih akurat jika dibandingkan dengan prosedur *Pseudorange*. *Carrier phase measurement* menjadi pilihan pada aplikasi pengukuran yang membutuhkan ketelitian tinggi. *Carrier phase measurement* tidak secara langsung memberikan posisi titik akan tetapi memberikan komponen *baseline*, oleh karena itu metode ini sering disebut *relative positioning*[Wolf, Ghilani 1997], dimana suatu posisi ditentukan secara relatif terhadap titik yang lain. Dalam pembangunan jaringan kontrol geodesi metode inilah yang dilakukan.

Posisi yang ditentukan dengan GPS mengacu pada datum horizontal global yaitu elipsoid WGS 1984. Elipsoid WGS 1984 adalah sistem koordinat Kartesian terikat. GPS dapat memberikan ketelitian posisi yang spektrumnya sangat luas.

Dari yang sangat teliti yaitu orde milimeter sampai yang biasa-biasa saja atau orde puluhan meter, oleh karena itu memungkinkan bagi pengguna GPS untuk secara efektif dan efisien sesuai dengan permintaan dan dana yang ada, dalam melakukan pengukuran.

Ketelitian posisi yang didapat dengan pengamatan GPS bergantung pada:

1. Metode penentuan posisi yang digunakan yaitu: absolut, diferensial, statik, statik singkat, pseudo kinematik, atau kinematik, *stop-and-go*; *one or multi monitor station*
2. Geometri dan distribusi satelit yang diamati antara lain tipe data yang digunakan, jumlah satelit, lokasi dan distribusi satelit, dan lama pengamatan.
3. Ketelitian data yang digunakan yaitu tipe data, kualitas *receiver*, level kesalahan dan bias
4. Strategi pemrosesan data, *real time* atau *post processing*, pemrosesan *baseline*, perataan jaringan, dan kontrol kualitas.

II. 4. SYARAT PENGAMATAN GPS

Dalam pemilihan lokasi untuk titik-titik dari suatu jaringan GPS perlu diingat bahwa tidak seperti halnya survei terestris, survei GPS tidak memerlukan saling keterlihatan(*intervisibility*) antara titik-titik pengamat, yang diperlukan pengamat adalah dapat "melihat" satelit(*satellite visibility*).

Pada dasarnya lokasi titik GPS dipilih sesuai dengan kebutuhan serta tujuan penggunaan dari titik GPS itu sendiri. Secara umum lokasi untuk titik GPS sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Jarak pandang langit yang bebas kesegala arah diatas elevasi 15°;

- Jauh dari obyek-obyek reflektif yang mudah memantulkan sinyal GPS, untuk meminimalkan atau mencegah terjadinya multipath;
- Jauh dari obyek-obyek yang dapat menimbulkan interferensi elektrik terhadap penerimaan sinyal GPS;
- Kondisi dan struktur tanahnya stabil;
- Mudah dicapai (lebih baik jika dapat ditempuh dengan kendaraan bermotor);
- Sebaiknya merupakan tanah milik Negara(halaman kantor pemerintahan, sekolah, kantor polisi, dll);
- Merupakan lokasi dimana monument/pilar yang akan didirikan nantinya tidak mudah terganggu atau rusak, baik akibat gangguan manusia, binatang, maupun alam;
- Tidak terganggu dan atau mengganggu fasilitas umum;
- Titik-titik harus dapat diikatkan ke minimal satu titik kontrol untuk memudahkan perhitungan

Dalam hal ruang pandang ke langit, dua hal yang harus diperhatikan adalah berkaitan dengan lokasi dan ketinggian dari obyek yang dapat menghalangi penerimaan sinyal oleh *receiver* GPS. Parameter yang penting berhubungan dengan ketinggian obyek-obyek yang berpotensi menghalangi sinyal GPS adalah *mask angle*. *Mask angle* ditentukan oleh pengamat dalam pengoperasian *receiver* GPS, adalah sudut elevasi minimum dari satelit yang akan diamati. Satelit dengan elevasi dibawah nilai *mask angle* tidak akan diamati oleh *receiver* GPS.

Berkaitan dengan *multipath*, maka lokasi titik GPS sebaiknya dijauhan dari obyek-obyek yang dapat memantulkan sinyal, sehingga menyebabkan

terjadinya *multipath*, seperti jalan raya, gedung, danau, tambak, dan kendaraan. *Multipath* adalah fenomena dimana sinyal satelit GPS tiba di antenna GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda [Abidin 2000]. *Multipath* tidak dapat dikoreksi, akan tetapi dapat diminimalkan dengan memasang *ground plane* buatan pada antenna *receiver* GPS yang belum memiliki *ground plane*.



Gambar 2. 10. *Multipath* (hasil survei).

Lokasi titik GPS juga sebaiknya dijauhkan dari obyek yang dapat menyebabkan interferensi elektrik terhadap penerimaan sinyal GPS seperti jaringan listrik tegangan tinggi, *radio repeater*, perancah, dll.

II. 5. TITIK KONTROL TANAH

Titik kontrol tanah merupakan suatu titik dipermukaan tanah yang posisinya diketahui dalam suatu sistem koordinat rujukan. Titik kontrol dapat berupa kontrol posisi horizontal atau kontrol posisi vertikal atau bahkan kontrol ganda, yaitu kontrol posisi horizontal dan posisi vertikal.

II. 5. 1. Macam Titik Kontrol Tanah

Titik kontrol tanah sebagai kerangka dasar horizontal nasional berdasarkan ketelitiannya, antara lain sebagai berikut:

- Titik kontrol orde 0 (nol) nasional, titik kontrol orde nol adalah titik kontrol yang paling teliti dengan ketelitian relatif berkisar antara 0,01 *part per million* (ppm) hingga 0,1 ppm. Titik kontrol orde nol dibangun dan ditentukan oleh BAKOSURTANAL [Subarya 1994].
- Titik kontrol orde 1 (satu) nasional, titik kontrol orde satu adalah perapatan dari titik kontrol orde nol nasional, titik kontrol orde satu nasional memiliki ketelitian relatif *baseline* antara 0,1 ppm hingga 2 ppm. Titik kontrol orde nol dibangun dan ditentukan oleh BAKOSURTANAL.
- Titik kontrol orde 2 (dua) atau Titik Dasar Teknik Orde 2 (dua), titik kontrol orde dua memiliki interval antar titik sekitar 10 km yang diikatkan secara langsung pada titik kontrol orde nol atau orde satu nasional. Titik dasar teknik orde dua direalisasikan oleh Badan Pertanahan Nasional (BPN) [Abidin 2000]. Titik kontrol orde 2 ini mempunyai ketelitian relatif 2,1 ppm hingga 10 ppm
- Titik kontrol orde 3 (tiga) atau Titik Dasar Teknik Orde 3 (tiga), titik kontrol orde tiga adalah titik kontrol hasil perapatan dari titik kontrol orde dua yang dibangun oleh BPN. Jaringan titik kontrol orde tiga memiliki interval antar titik antara 2 km hingga 4 km, dengan ketelitian relatif 10,1- 20 ppm

II. 5. 2. Pengikatan Ke Titik Tetap

Dalam suatu daerah survai GPS, *baseline* yang diamati harus terikat secara langsung maupun tidak langsung dengan titik kerangka berorde lebih tinggi yang telah ada. Hal ini penting untuk menjaga konsistensi dan homogenitas dari ketelitian titik-titik kerangka yang bersangkutan terhadap titik-titik yang lain.

Secara umum suatu jaring titik-titik GPS harus terikat minimal ke satu titik tetap yang diketahui koordinatnya, dimana:

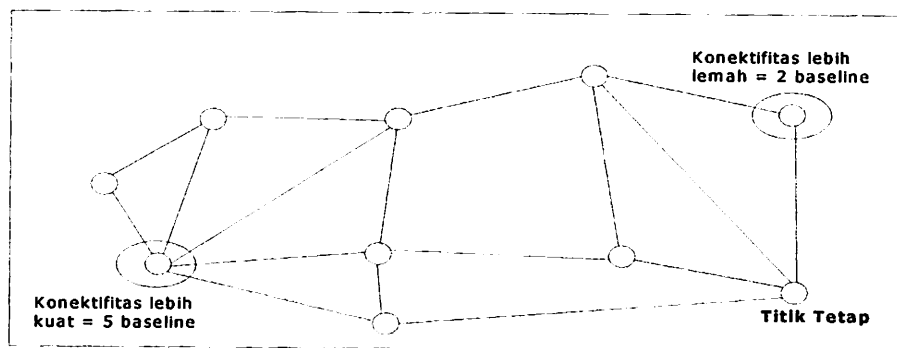
- Titik ikat tersebut memiliki orde ketelitian yang lebih tinggi.
- Titik-titik tetap yang digunakan terdistribusi secara merata meliputi seluruh jaringan.
- Jumlah titik tetap disesuaikan dengan besarnya jaringan, dimana semakin besar jaringan sebaiknya semakin banyak jumlah titik tetapnya.

Jika suatu daerah tidak memiliki titik tetap atau titik tetap yang ada terlalu jauh dari lokasi jaringan baru yang akan ditentukan, maka pembuatan titik tetap baru, dapat dilakukan dengan metode *absolute positioning* menggunakan *receiver* dua frekuensi dengan lama waktu pengamatan yang cukup lama. Penentuan titik tetap secara absolut menjadi memungkinkan sejak Bill Clinton sebagai presiden Amerika Serikat secara resmi menyatakan pencabutan kebijakan *Selective Availability* atau SA untuk keperluan sipil pada 1 Mei 2000. proses datanya dilakukan dengan *mendownload data* – data titik tetap igs (IGS) International Geodetic Service dari web IGS secara gratis.

II. 6. KONEKTIVITAS TITIK dalam JARING GPS

Konektivitas titik, yaitu jumlah *baseline* yang terikat ke suatu titik, secara khusus akan mempengaruhi ketelitian dari koordinat titik tersebut, dan secara umum akan mempengaruhi kualitas jaringannya.

Secara teori semakin tinggi konektivitas titiknya, yaitu semakin banyak jumlah *baseline* yang terikat kesuatu titik, maka kualitas dari koordinat titik tersebut akan semakin baik, dan sebaliknya



Gambar 2.11. Konektivitas Titik Dalam Jaringan (Abidin, 1999).

Jumlah konektivitas dalam jaringan GPS harus disesuaikan dengan keperluan serta tujuan dari survei GPS yang dilaksanakan. Secara umum jumlah konektivitas titik dalam jaringan GPS juga harus memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan.

Jumlah konektivitas titik tidak dapat dilepaskan dari jumlah titik dalam jaringan dan jumlah *baseline* dalam *loop*, serta tingkat ketelitian hasil survei yang ingin dicapai dengan memperhatikan biaya yang ada.

Jumlah konektivitas titik atau jumlah *baseline* independen pada tiap titik berdasar atas Klasifikasi, Standar Survei dan Spesifikasi Survei Kontrol Geodesi yang dikeluarkan oleh BAKOSURTANAL adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 5. Klasifikasi, Standart Survei, dan Spesifikasi Survei Kontrol Geodesi

	Orde			
	Nol	Satu	Dua	Tiga
Jarak minimum antar titik (km)	30	10	2	0.01
Jarak antar titik secara umum (KM)	100-300	50-300	5-30	0.01-4
Pengamatan independen per-titik paling sedikit 2x(% dari total stasiun)	30%	30%	20%	10%
minimum satelit yang dapat diamati simultan	Lebih besar dari empat satelit			
Minimum PDOP/GDOP	Lebih kecil dari enam			
Sudut elevasi minimum satelit	lima belas derajat			
Interval waktu rekaman data	Disesuaikan kebutuhan (15 detik atau 30 detik)			

Waktu pengamatan minimum	24 jam	6 jam	30 menit	15 menit
Independen <i>baseline</i> minimum tiap titik	3	3	3	2

Meski terdapat ketentuan tentang jumlah konektivitas titik untuk tiap-tiap orde, akan tetapi sejauh mana tingkat ketelitiannya perlu diteliti lebih lanjut.

II. 7. KONTROL KUALITAS *BASELINE*

Untuk mengecek hasil kualitas *baseline* yang diperoleh dari suatu proses pengolahan *baseline* GPS, ada beberapa indikator kualitas yang dapat dipantau, yaitu antara lain :

- Solusi *baseline* hasil proses reduksi *baseline* adalah *fixed baseline solution*. Solusi *baseline fixed* dapat berupa 'fix' untuk *baseline* dengan jarak kurang dari 8km, dan 'iono free fix' untuk *baseline* dengan jarak antara 9 hingga 30 km.
- Nilai *ambiguity* untuk masing-masing *baseline* dapat dipecahkan pada proses reduksi *baseline*, dengan kata lain besaran *ambiguity*-nya *resolved*.

Penentuan nilai *ambiguity* harus memenuhi

1. $RMS_{float} < RMS_{a\ priori}$
2. $RMS_{fix} < RMS_{a\ priori}$
3. $RMS_{fix\ 1} < RMS_{fix\ 2}$

Dimana:

- RMS_{float} adalah nilai $RMS_{ambiguity}$ sebelum ditentukan oleh SKI
- RMS_{fix} adalah nilai $RMS_{ambiguity}$ setelah ditentukan oleh SKI.
- $RMS_{A\ priori}$ adalah batas nilai *phase noise* dari pengamatan data *phase*, standart SKI 2.3 adalah 10mm. pada kasus dimana nilai

ambiguity tidak dapat dipecahkan oleh karena kondisi ionosfer yang *noisy*, nilai *rms A priori* dapat ditingkatkan untuk mendapatkan lebih banyak *noise* gelombang pembawa sehingga nilai *ambiguity* dapat ditentukan dengan benar. Peningkatan nilai *rms A priori* ini harus dilakukan dengan sangat hati-hati karena peluang terjadinya kesalahan penentuan nilai *ambiguity* semakin besar. Peningkatan nilai *rms Apriori* sangat tidak direkomendasikan untuk *baseline* pendek dengan pengamatan dibawah 15 menit

- *Ratio* pengamatan dari masing-masing *baseline* memiliki nilai minimal 1.0. *Ratio* pengamatan didapat dari perbandingan *rms fix1* dan *rms fix2*.
- Ada atau tidaknya data yang ditolak atau *outliers*
- Jumlah *cycle slip* yang terjadi selama pengamatan, dan apakah dapat koreksi oleh *software* pengolah *baseline* dalam proses reduksi *baseline*
- *Standart deviasi* dari koordinat ataupun nilai *standar deviasi* dari vektor *baseline*. Semakin kecil nilai *Standart Deviasi*, akan menunjukkan bahwa kualitas *baseline* semakin bagus.

II. 8. KONTROL KUALITAS PERATAAN

Pada perataan jaringan, vektor-vektor *baseline* yang telah dihitung sebelumnya secara sendiri-sendiri dikumpulkan dan diproses dalam suatu hitung perataan jaringan (*Network Adjustment*) untuk menghitung koordinat final dari titik dalam jaringan GPS yang bersangkutan. Hitung perataan jaringan umumnya menggunakan metode perataan kuadrat terkecil. Pada prinsipnya hitung perataan jaringan-jaringan ini akan berguna untuk beberapa hal, yaitu :

- Mengecek konsistensi data dalam vektor

- Untuk pendistribusian kesalahan dengan cara yang merefleksikan ketelitian pengukuran .
- Untuk menganalisa kualitas dari *baseline-baseline*.
- Untuk mengidentifikasi *baseline-baseline* serta titik kontrol yang perlu “dicurigai”

Perangkat lunak untuk perhitungan jaringan dapat merupakan bagian atau modul dari perangkat lunak komersial pengolahan data GPS, maupun perangkat lunak perataan jaringan yang khusus, seperti *GEOLAB*, *FILLNET*, *TRIMNET*.

Tahap pertama dalam perataan jaringan adalah perataan jaring bebas atau *free network adjustment* kemudian dilanjutkan dengan perataan jaring terikat atau *constrained adjustment*[...GPS Newsletter–SKI-Pro vol. 01, no. 26; Leica Geosystem] . Tujuan dari perataan jaring bebas adalah untuk mengecek adanya kesalahan dalam pengamatan lapangan, dan pengecekan kesalahan ini akan lebih baik jika dilakukan tanpa memasukkan nilai koordinat dari titik tetap. Setelah dilakukan perataan jaring bebas dan tidak lagi terdapat vektor *baseline* yang ditolak, maka dilakukan perataan jaring terikat dengan memasukkan nilai koordinat dari titik-titik tetap yang digunakan.

Berdasarkan prosedur pemrosesannya, perataan jaring GPS dikategorikan sebagai perataan primer atau *primary adjustment* dan perataan sekunder atau *secondary adjustment*[Chris Rizoz, 1999].

- Perataan Primer atau *Primary Adjustment*

Perataan seluruh *baseline* pada jaring GPS, dimana *baseline* tersebut adalah hasil pengolahan data mentah atau *raw GPS carrier phase data*

hasil dari pengamatan lapangan. *Software* pemroses untuk perataan primer biasanya;

1. *Software* yang disediakan oleh pembuat *receiver* GPS.
 2. Output pemrosesan berupa koordinat, matriks *Variance CoVariance*, vektor *baseline* dan analisa hasil pengukuran dari titik-titik yang diproses bersamaan.
 3. Titik-titik jaring GPS diproses sebagai *single baseline* atau dalam *multi baseline*.
 4. Koordinat hasil perataan berada dalam sistem datum GPS.
- Perataan Lanjutan atau *Secondary Adjustment*

Perataan jaring GPS, dimana komponen *baseline output* pemrosesan *baseline* dan *output* hasil perataan jaringan dengan *software* komersial digunakan sebagai *input*. Komponen *baseline output* pemrosesan *baseline* dan *output* hasil perataan jaringan primer dianggap sebagai observasi[Rizoz, 1999]. Dasar yang digunakan untuk perataan jaring lanjutan adalah teori perataan kuadrat terkecil. Perataan lanjutan dapat dilakukan dalam pendekatan aritmetik atau *arithmetic approach* dan pendekatan kuadrat terkecil atau *least squares approach*.

II. 8.1. Perataan Kuadrat Terkecil (*Least Squares Adjustment*)

Prinsip perataan jaringan yang digunakan dalam *software* perataan jaring GPS adalah metode *least squares* atau perataan kuadrat terkecil[Rizoz, 1999].

Sebuah perataan kuadrat terkecil melibatkan dua model, yaitu model fungsi yang berhubungan dengan pengukuran dan parameter dan model *stochastic* yang menjelaskan statistik pengukuran.

Terdapat beberapa metode pendekatan kuadrat terkecil, antara lain metode Kondisi dan metode Parametrik.

- Metode kondisi adalah yang sering digunakan untuk perataan jaring geodesi pada masa dimana komputer belum ada. Perataan jaring GPS tidak menggunakan metode ini.
- Perataan metode parametrik menggunakan persamaan pengamatan, dimana hasil pengamatan dinyatakan dengan fungsi dari beberapa atau keseluruhan parameter dalam bentuk

$$\mathbf{V} + \mathbf{B} = \mathbf{X}_B + \mathbf{X}_A \quad (\text{III-1})$$

Dimana: \mathbf{B} : data ukuran vektor *baseline* yang merupakan hasil perhitungan *baseline* definitif

\mathbf{V} : adalah vektor koreksi terhadap vektor *baseline*

\mathbf{X} : adalah vektor posisi geosentrik dari titik-titik yang akan ditentukan harganya

Penyelesaian untuk parameter: $\mathbf{x} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{V}$ (III-2)

Dimana: \mathbf{x} : koreksi parameter pendekatan

\mathbf{A} : desain matriks dengan turunan parsial dari pengamatan terhadap parameter

\mathbf{P} : matriks bobot pengamatan

\mathbf{V} : residual

$$\mathbf{P} = \sigma_0^2 - \mathbf{CL}^{-1} \quad (\text{III-3})$$

Dimana: σ_0^2 : varians apriori (biasanya ditetapkan = 1)

\mathbf{CL} : matriks VCV pengamatan

Matrik VCV dari koordinat titik-titik dalam jaringan hasil hitungan perataan \mathbf{Cx}

$$\mathbf{Cx} = \sigma_0^2 (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \quad (\text{III-4})$$

$$\sigma_0^2 : \frac{\mathbf{V}^T \mathbf{P} \mathbf{V}}{np - nu} = \text{Varians aposteriori}$$

Dimana : **np** : Jumlah data pengamatan
nu : Jumlah parameter estimasi

Terdapat dua tipe perataan GPS berdasarkan prosedur pemrosesannya, yaitu sebuah perataan primer yang memerlukan pemodelan data observasi GPS dan pengembangan dari strategi pemrosesan dengan parameter-parameter yang dapat digunakan untuk perataan, dan sebuah perataan sekunder atau lanjutan dengan *input* berasal dari keluaran pemrosesan *baseline* dan perataan primer yang dianggap sebagai observasi.

Hasil dari proses hitung perataan yang dapat digunakan sebagai indikator kualitas antara lain:

1. Sigma *A priori*
2. Sigma *A posteriori*
3. *confidence level*
4. Nilai residual perataan
5. *Ellips* kesalahan absolut titik
6. Nilai residual standar terhadap *critical tau*

Pada proses perataan jaringan "*setting*" parameter perataan pada software SKI.23 yang digunakan antara lain:

1. Nilai α (Alpha) = 5%

Level of significance, nilai alpha dibawah 5% dapat menyebabkan data pengamatan yang jelek diterima

2. Nilai $1 - \beta$ (Beta) = 80%

Nilai $1 - \beta$ yang lebih besar dari 80% dapat menyebabkan data pengamatan yang baik ditolak.

3. Nilai *confidence level* = 68%

Confidence level merupakan nilai selang kepercayaan terhadap hasil dari proses perataan, nilai yang digunakan sebagai standart adalah 68%, 90%, 99%. Semakin tinggi nilai *confindence level* maka semakin tinggi pula tingkatan kepercayaan terhadap hasil perataan jaringan.

BAB III

PELAKSANAAN PENELITIAN

Pada bagian ini Penulis membahas tentang perolehan data penelitian, dimulai dari perencanaan pengamatan GPS, survei *reconnaissance*, pelaksanaan pengukuran GPS, proses *baseline* hasil pengukuran hingga proses perataan jaringan.

III.1. LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di wilayah yang termasuk dalam Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Gresik dan Kota Mojokerto, menggunakan satu titik GPS orde 1 Nasional BAKOSURTANAL N1.0237 Buduran sebagai titik tetap untuk menentukan enam titik GPS baru dengan spesifikasi setingkat titik GPS orde dua Badan Pertanahan Nasional.

Baseline pengamatan GPS memiliki jarak terpendek 6 km dan jarak terpanjang 14 km. Titik yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. N1.0237-BUDURAN KABUPATEN SIDOARJO
2. RTA01- KREMBUNG KAB. SIDOARJO
3. RTA02- MOJOSARI KAB. MOJOKERTO
4. RTA03- WONOAYU KAB. SIDOARJO
5. RTA04- TARIK KAB. SIDOARJO
6. RTA05- DRIYOREJO KAB. GRESIK
7. RTA06- SUMBERAME KAB. GRESIK

III.2. PERALATAN PENELITIAN

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak, dengan spesifikasi sebagai berikut:

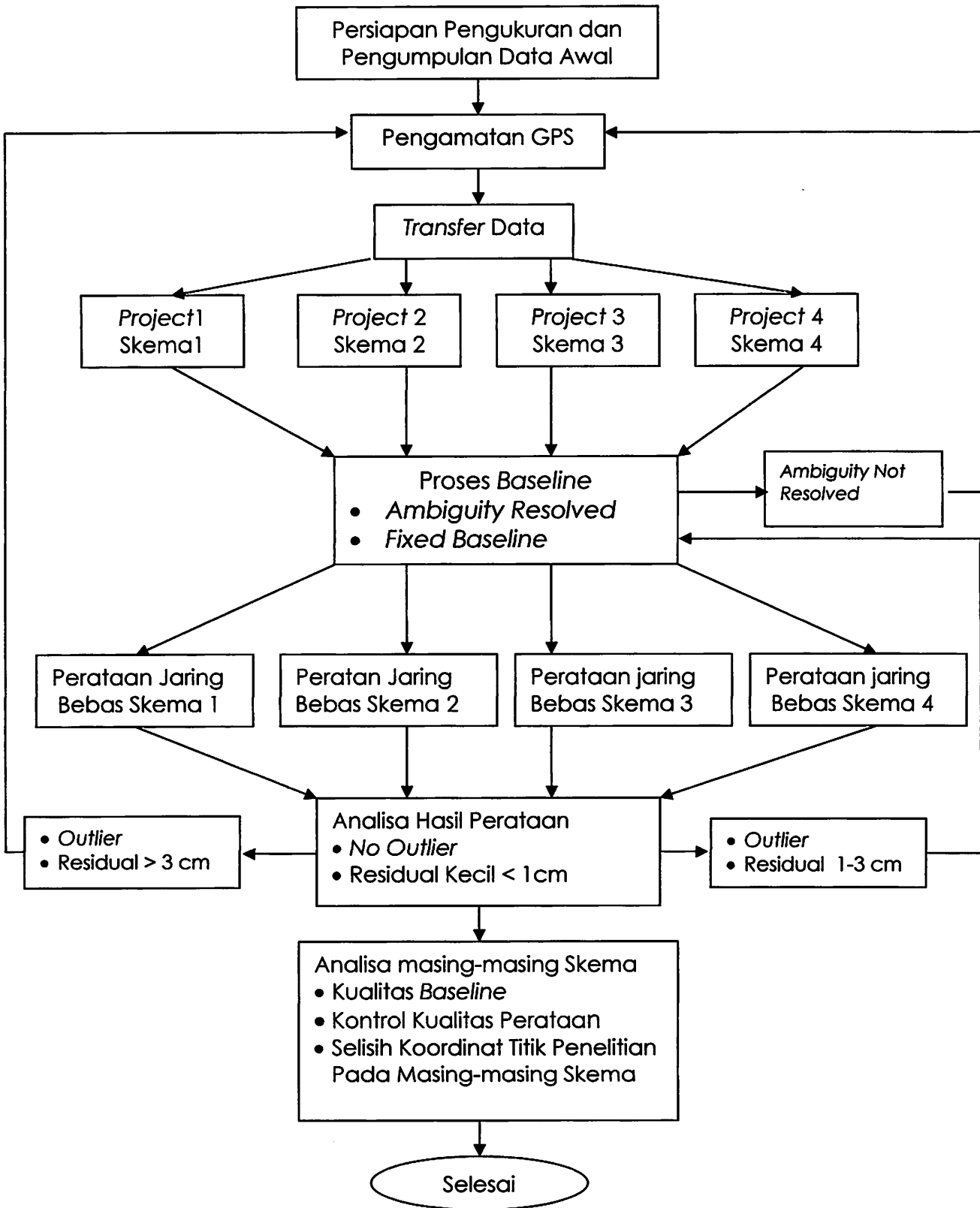
- Perangkat Keras
 1. *Receiver* GPS navigasi Garmin V
 2. *Notebook* Pentium III 1.2.
 3. Kabel data *realtime receiver* GPS navigasi
 4. *Receiver* GPS geodetik Leica GPS system 200

- Perangkat Lunak
 1. MapSource 5.4
 2. Leica SKI 2.3
 3. Microsoft Excel



III.3. METODOLOGI PELAKSANAAN PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian secara teknis dapat dijelaskan dalam diagram alir pelaksanaan penelitian sebagai berikut:



Penjelasan diagram alir penelitian:

1. Pendefinisian survei

Untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan untuk penelitian dan mempersiapkan hal-hal yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian. Pada tahapan ini dilakukan perencanaan desain jaringan pengamatan GPS dan penghitungan koordinat titik-titik rencana serta perencanaan mobilisasi antar tim untuk pengamatan GPS. Pengumpulan data dimulai dengan orientasi lapangan dilanjutkan dengan pelaksanaan pengamatan GPS. Pengumpulan data dilakukan untuk setiap jaringan.

- Orientasi Lapangan

Orientasi lapangan bertujuan untuk pengenalan lapangan, mencari dan menentukan lokasi titik-titik rencana dilapangan berdasar atas koordinat titik rencana.

- Perencanaan mobilisasi tim untuk pengamatan GPS

Rencana mobilisasi tim untuk pengamatan GPS dibuat dengan memperhatikan kondisi lapangan, antara lain tingkat kesulitan pencapaian lokasi, waktu tempuh dan kondisi lain.

2. Pelaksanaan Pengamatan

Metode pengamatan GPS yang dilakukan adalah *Static Relative Positioning* dengan pengamatan GPS *Carrier Beat Phase*, yaitu pengamatan terhadap fase gelombang pembawa, gelombang L1 dan L2 untuk menentukan panjang vektor *baseline*. Dalam pelaksanaannya, pengamatan dimulai dari satu titik ikat menuju titik ikat selanjutnya.

3. Pra Processing(*transfer data*)

Pra *Processing* dan proses reduksi *baseline* dilaksanakan menggunakan perangkat lunak SKI 2.3.

Dalam pra *Processing* dilakukan pekerjaan antara lain:

- a. Down load data dari *internal memory* GPS ke *hard disk*
- b. Pengecekan kualitas data.
- c. Tranformasi format data

4. Proses reduksi *baseline*

Proses dimulai dari *baseline* yang terikat dengan titik referensi, secara bertahap sehingga *baseline* yang diproses selalu terkait dengan *baseline* yang sudah diproses sebelumnya sesuai arah jalannya pengamatan yang telah direncanakan. Solusi *baseline* adalah *Fixed baseline Solution*, apabila pada suatu *baseline* solusinya *float*, maka akan dilakukan pengamatan ulang sehingga didapatkan solusi *Fixed baseline* dan *Ambiguitynya resolved*.

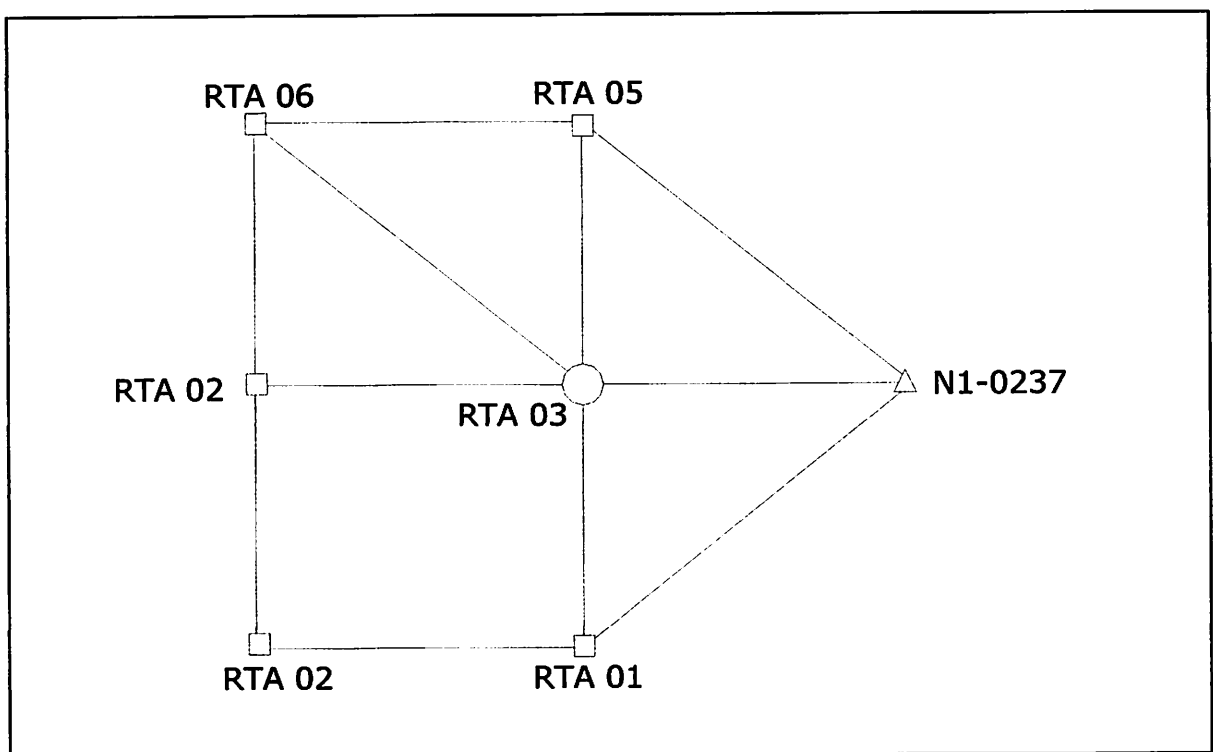
5. Pada penelitian ini proses perataan jaringan dilakukan secara *minimum constrained* dan tidak dilakukan perataan jaring terikat karena pada penelitian ini hanya menggunakan 1 titik tetap orde 1(satu) Nasional BAKOSURTANAL.

6. Analisa hasil perataan dari masing-masing asumsi berdasar pada kualitas *baseline*, kontrol kualitas perataan dan selisih koordinat titik penelitian pada masing-masing asumsi.

III. 4. PERSIAPAN PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada daerah kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Gresik dan Kota Mojokerto, menggunakan 1 titik GPS orde 1 Nasional BAKOSURTANAL N1.0237 Buduran sebagai titik tetap untuk menentukan beberapa baseline baru dengan spesifikasi setingkat titik GPS orde dua Badan Pertanahan Nasional. Baseline pengamatan GPS memiliki jarak terpendek 6 km dan jarak terpanjang 14 km. Jaringan rencana pengamatan GPS dirancang dan disiapkan pada peta rupabumi skala 1:25000 BAKOSURTANAL.

Penelitian dilakukan terhadap jaringan GPS asumsi 4 karena asumsi lainnya telah tercover pada asumsi tersebut dengan bentuk seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. 1. Jaringan pengamatan GPS

III. 5. SURVEI RECONNAISSANCE

Survei *reconnaissance* dilakukan pada bulan Januari 2005 menggunakan alat bantu GPS navigasi GARMIN tipe GPS V dan dilakukan secara *real time navigation*.

Survei *reconnaissance* dilaksanakan untuk pengenalan medan dan mencari lokasi titik-titik rencana, disesuaikan dengan kondisi terbaik untuk pengamatan GPS.

Pada survei *reconnaissance* harus diperhitungkan hal-hal yang sangat berguna pada saat pelaksanaan pengamatan GPS seperti perkiraan waktu tempuh antar titik GPS, tingkat potensial kemacetan yang mungkin terjadi pada jam-jam sibuk yang mengganggu jalannya pergerakan antar titik GPS.

kondisi lokasi yang terbaik untuk pengamatan GPS, dan jumlah sinyal telepon seluler untuk kemudahan komunikasi.

Adapun daftar koordinat titik-titik rencana adalah sebagai berikut:

POINT	NAME	POSITION (LAT/LON)	HEIGHT
Waypoint	N1.0237	S7 25 42.7 E112 43 21.6	31.0 m
Waypoint	R1	S7 31 45.0 E112 38 13.0	
Waypoint	R2	S7 32 30.0 E112 32 27.0	
Waypoint	R3	S7 26 30.0 E112 37 10.0	
Waypoint	R4	S7 27 00.0 E112 31 50.0	
Waypoint	R5	S7 20 50.0 E112 37 00.0	
Waypoint	R6	S7 21 35.0 E112 30 55.0	

Pada survei *reconnaissance* digunakan peralatan sebagai berikut:

1. GPS navigasi Garmin tipe GPS V sebanyak satu unit
2. *Notebook* untuk menampilkan data survai secara *real time*
3. Kabel data untuk menghubungkan GPS navigasi dengan *Notebook*
4. Peta rencana jaringan pengamatan.
5. Kendaraan roda empat sebagai alat transportasi
6. formulir survai *reconnaissance*

7. Parang dan gergaji sebagai alat untuk pembersihan area pengamatan GPS.

III. 6. PERENCANAAN PENGAMATAN GPS

Rencana pengamatan GPS untuk 'Studi Tentang Pengaruh Konektifitas Titik Terhadap Kualitas Titik Dalam jaringGPS' dibuat dengan memperhatikan hasil survei *reconnaissance* dan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut;

1. Jumlah *receiver* GPS yang digunakan adalah empat (4) set.
2. Waktu tempuh antar titik terlama adalah 60 menit pada saat jam sibuk.
3. Kendaraan yang digunakan untuk perpindahan tim pengamatan berjumlah dua(2) unit.
4. Jarak *baseline* terpanjang adalah sekitar 14 km.
5. Lama waktu pengamatan ditentukan minimal 90 menit.
6. Kapasitas *memory* GPS setelah dikurangi data *input* adalah sekitar 500 kb, sehingga maksimum untuk sekitar 500 menit waktu pengamatan dalam keadaan tanpa *download* data pengamatan.
7. Kemampuan baterai GPS diasumsikan cukup untuk 8 hingga 10 jam pengamatan.
8. Prakiraan cuaca yang didapat dari BMG yang meramalkan bahwa daerah sidoarjo dan sekitarnya akan Berawan dengan peluang hujan pada sore hari untuk tanggal 02 Februari 2005, dan Cerah untuk tanggal 03 Februari.

III. 7. PELAKSANAAN PENGAMATAN GPS

Pengamatan GPS dilaksanakan pada bulan Februari 2005. Menggunakan empat *receiver* GPS dua frekuensi Leica system 200, dilaksanakan pengukuran

secara simultan dimulai dari titik ikat N1.0237 Buduran menuju titik – titik yang diteliti dan kembali menuju titik ikat N1.0237 Buduran .

Adapun peralatan yang digunakan pada saat pelaksanaan pengamatan GPS antara lain:

1. *Receiver* GPS Leica system 200 sebanyak empat set.
2. formulir pengamatan GPS
3. Kendaraan roda empat sebagai alat transportasi untuk perpindahan antar titik sebanyak dua unit
4. Telepon selular sebagai alat komunikasi antar tim pengamat
5. Jam sebagai penunjuk waktu pengamatan
6. Plastik *wrap*, digunakan untuk melindungi sambungan kabel dan *socket-socket* kabel GPS, serta untuk membungkus *controller* dari air pada saat terjadi hujan
7. Kantong Plastik besar, digunakan untuk melindungi baterai GPS dari air pada saat terjadi hujan
8. Jas hujan digunakan untuk menutupi baterai dan *controller* pada saat terjadi hujan
9. Senter, digunakan untuk pengamatan malam hari

Tahapan pelaksanaan pengumpulan data dapat dijelaskan sebagai berikut:

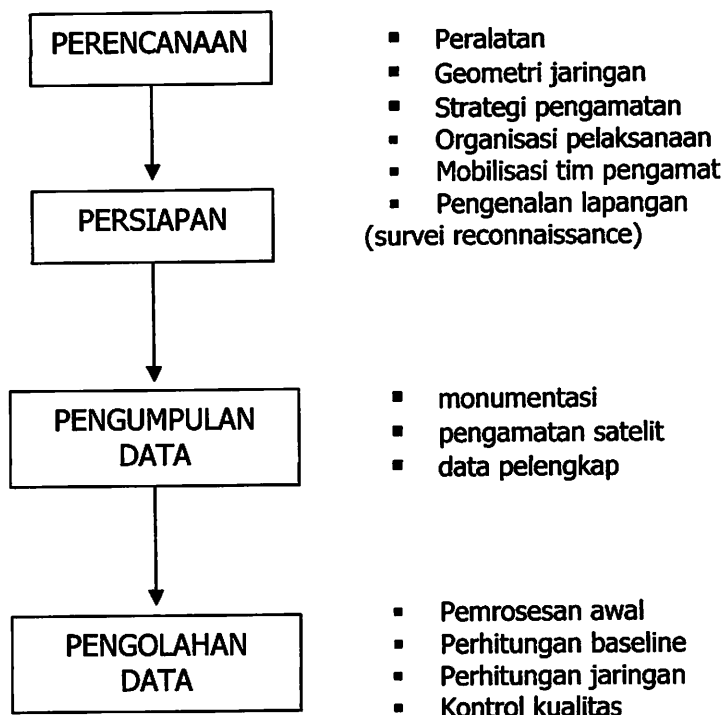


Diagram 3.1. Pelaksanaan pengumpulan data

Selain aspek-aspek teknis-teoritis yang terkait langsung dengan ketelitian titik-titik dalam jaringan, mekanisme operasionalisasi pelaksanaan survei GPS harus diperhatikan pelaksana, karena akan berdampak langsung terhadap efektivitas dan efisiensi survei GPS, antara lain:

1. Struktur organisasi pelaksana survei, tugas dan tanggung jawab serta wewenang anggota tim harus jelas dan dipahami setiap anggota.
2. Jadwal waktu pengamatan yang terstruktur dan telah dipahami oleh setiap anggota tim.
3. Ketersediaan peralatan dan bahan keperluan survei.
4. Mekanisme transportasi antar titik dan komunikasi antar tim..
5. Pengaturan logistik dan akomodasi untuk personil

Aspek operasional tersebut tidak dapat diremehkan. Banyak pengalaman menunjukkan bahwa kegagalan survei GPS, bukan disebabkan aspek teknis atau teknologi, melainkan oleh buruknya manajemen survei bersangkutan.

Sebelum dilaksanakan pengamatan GPS, prosedur pertama yang dilakukan adalah pengukuran *zero baseline* untuk mengecek tingkat ke-presisi-an *receiver* yang akan digunakan. Proses ini dilakukan dengan memasang dua(2) *receiver* pada satu(1) *antenna*, apabila hasil yang didapat pada kedua *receiver* adalah sama, maka tingkat presisi kedua *receiver* adalah sama. Hal ini juga dilakukan untuk *receiver* ke-3 dan ke-4.

Skema pengamatan GPS dapat dijelaskan sebagai berikut.

- **Sesi 1**

Baseline yang diamati adalah:

1. N1.0237 – RTA03
2. N1.0237 – RTA05
3. RTA05 – RTA06

Waktu pengamatan dilakukan pada tanggal 02-02- 2005, dimulai pada pukul 06:07 – 08:12



RTA06- SUMBERAME
KAB. GRESIK



RTA05- DRIYOREJO
KAB. GRESIK



RTA03- WONOAYU
KAB. SIDOARJO



NI.0237-BUDURAN
KAB. SIDOARJO

Gambar 3.2. Pengamatan GPS sesi ke-1

Pada pelaksanaannya Sesi ke-1 dilaksanakan pada pukul 06:07

- **Sesi 2**

Baseline yang diamati adalah:

1. RTA03 – RTA05
2. RTA03 - RTA06
3. RTA03 – RTA04

Waktu pengamatan dilakukan pada tanggal 02 – 02 2005, dimulai pukul 09:11 – 11:02



RTA06- SUMBERAME
KAB. GRESIK



RTA05- DRIYOREJO
KAB. GRESIK



RTA04- TARIK KAB.
SIDOARJO



RTA03- WONOAYU
KAB. SIDOARJO

Gambar 3.3. Pengamatan GPS sesi ke-2

- **Sesi 3**

Baseline yang diamati adalah:

1. RTA02 – RTA04
2. RTA04 – RTA 06

Waktu pengamatan dilakukan pada tanggal 02 – 02 2005, dimulai pukul 15:08 – 16:59



RTA06- SUMBERAME
KAB. GRESIK



RTA04- TARIK
KAB. SIDOARJO



RTA02- MOJOSARI
KAB. MOJOKERTO

Gambar 3.4. Pengamatan GPS sesi ke-3

- **Sesi 4**

Baseline yang diamati adalah:

1. RTA02 – RTA01
2. RTA01 – RTA03

Waktu pengamatan dilakukan pada tanggal 02 – 02 -2005, dimulai pukul 15:08 – 16:59



RTA3- WONOAYU
KAB. SIDOARJO



RTA02- MOJOSARI
KAB. MOJOKERTO



RTA01- KREMBUNG
KAB. SIDOARJO

Gambar 3.5. Pengamatan GPS sesi ke-4

- **Sesi 5**

Baseline yang diamati adalah:

1. N1.0237 – RTA01.



N1.0237-BUDURAN
KAB. SIDOARJO



RTA01- KREMBUNG
KAB. SIDOARJO

Gambar 3.6. Pengamatan GPS sesi ke-4

Waktu pengamatan untuk sesi ke-5 dilaksanakan pada tanggal 03 – 02 – 2005, dimulai pukul 19:47 dan diakhiri pada 20: 25.

III. 8. PENGOLAHAN DATA

Tahapan pengolahan data dimulai dari proses *transfer* data dari *receiver* ke komputer hingga proses perataan jaringan, pada tahapan *transfer* data ini peralatan yang digunakan antara lain:

1. *Receiver/Controller*
2. Komputer
3. Kabel Lemo untuk menghubungkan *receiver* dengan Komputer
4. *Keylog/dongle* untuk menjalankan program SKI 2.3
5. Baterai untuk menghidupkan *receiver*. Pada proses *transfer* data, *receiver* harus dalam keadaan hidup pada mode *transfer*

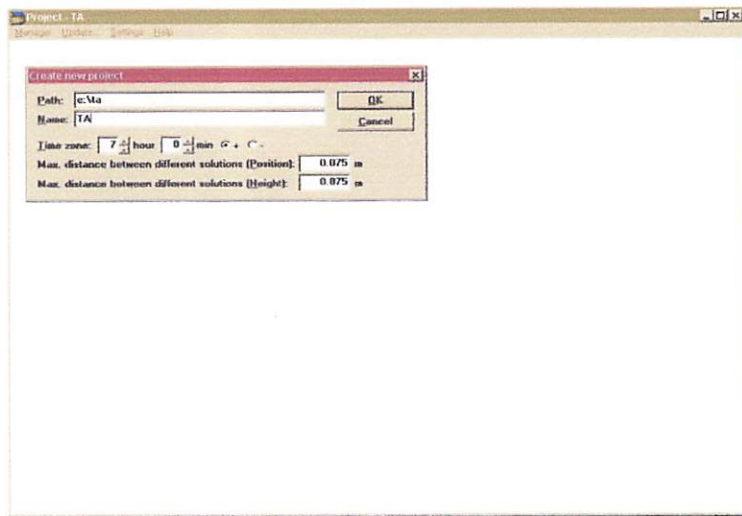
III. 8. 1. Transfer Data

Proses ini adalah proses pemindahan data hasil pengamatan dari *receiver* ke komputer. Pada proses ini data pengamatan yang dipindahkan antara lain:

1. data Observasi
2. data Ephemeris
3. data Almanak
4. data *input* pengamatan
5. data *precise ephemeris* (NGS/NOAA SP3-P format)

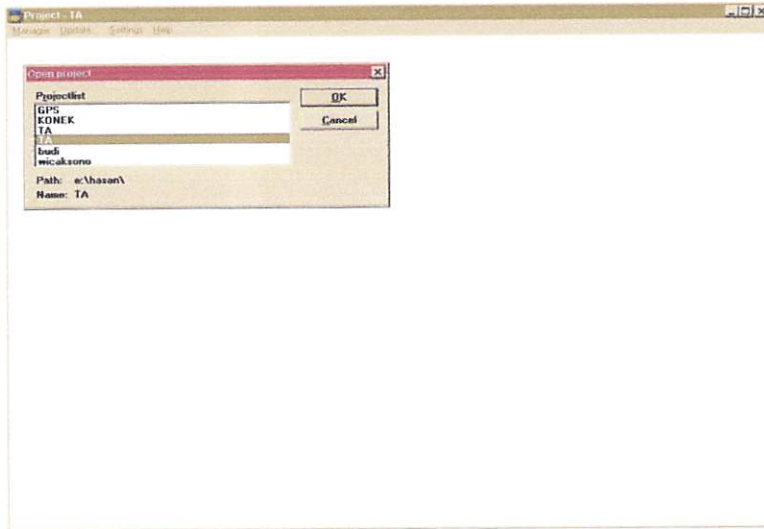
Tahapan proses *Import* data adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan komputer dengan *receiver* menggunakan kabel Lemo.
2. Menghubungkan *receiver* dengan baterai GPS.
3. Menghidupkan *receiver* dan siapkan pada mode Transfer.
4. Membuat *Path/folder* di Komputer sebagai tempat untuk menampung data pengamatan.
5. Membuat *Project* baru pada SKI.



gambar 3.7. Pembuatan *Project* baru pada SKI 2.3

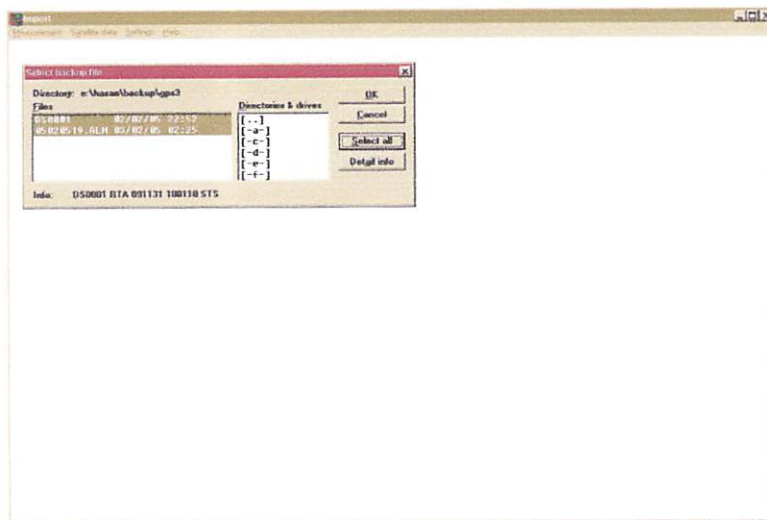
6. Membuka *Project* tersebut



gambar 3.8. Membuka *Project* pada SKI 2.3

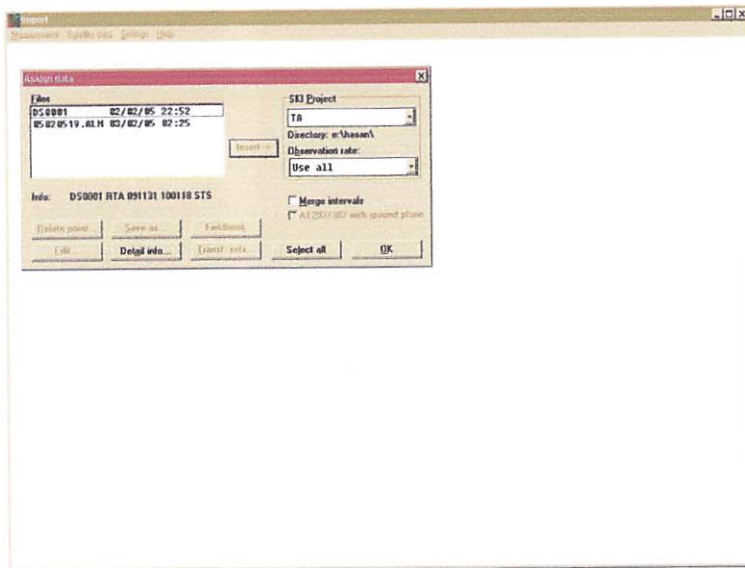
7. *Import data* menggunakan fasilitas *import* → *measurement* → *gps controller*

8. *Transfer data* dari *controller* ke komputer



gambar 3.9. *Transfer raw data* GPS pada SKI 2.3

9. Proses memasukan data kedalam *Project*



gambar 3.10. Proses memasukan data GPS pada *Project*

10. Pengulangan proses untuk *receiver* ke-2, ke-3 dan seterusnya.

Pada proses *transfer* data dilakukan juga penyimpanan data pengamatan dalam format RINEX (*Receiver INdependent EXchange format*) agar data pengamatan GPS dapat dibaca pada *software* pengolahan data GPS selain SKI.

III. 8. 2. Pengolahan *Baseline*

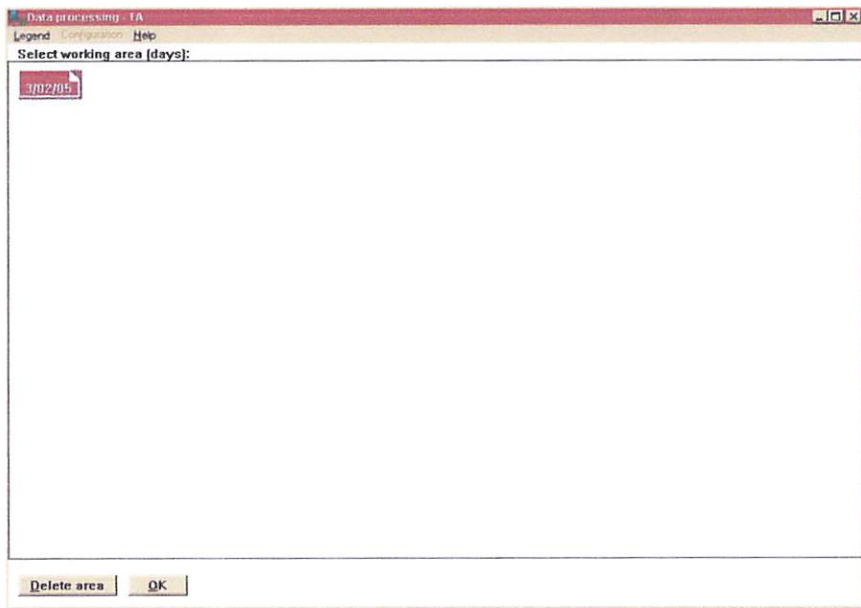
Proses pengolahan *baseline* dilaksanakan secara sistematis dan berantai dari satu titik tetap menuju titik tetap yang lain, disesuaikan dengan rencana pengamatan yang telah dibuat. Hal yang harus diperhatikan pada pengolahan *baseline* adalah hanya *baseline non-trivial* saja yang boleh diproses, sesuai dengan yang telah direncanakan pada rencana pengamatan.

Adapun peralatan yang digunakan pada proses pengolahan *baseline* antara lain:

1. *Keylog/dongle*, digunakan untuk menjalankan mode *Data Processing software* SKI.
2. *Data log* pengamatan lapangan.
3. Rencana pengamatan jaringan
4. formulir pengolahan *baseline*.

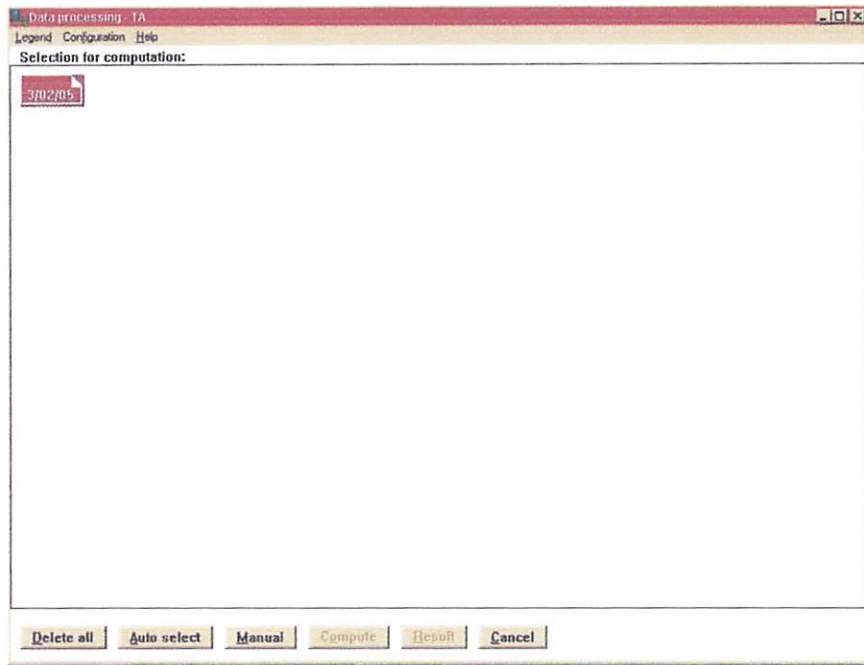
Tahapan pengolahan *baseline* setelah dilakukan proses transfer data dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Membuka mode *Data Processing*



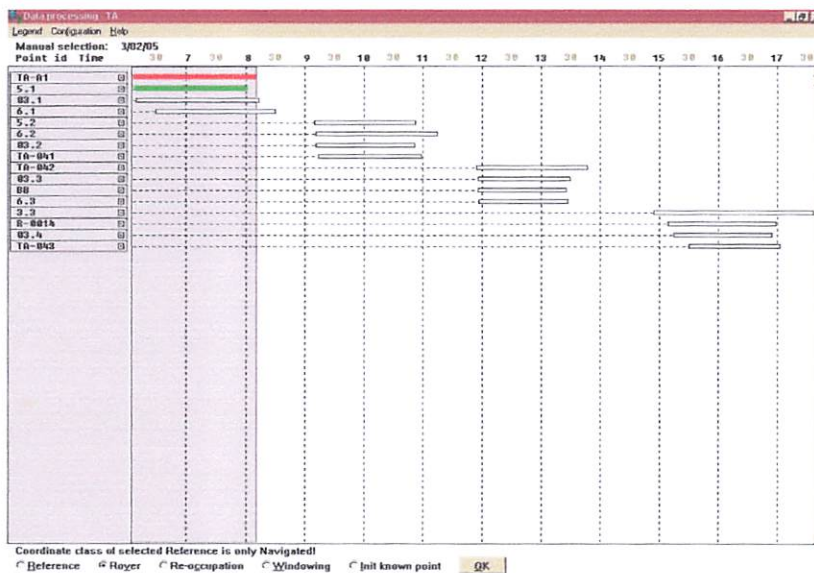
gambar 3.11. Tampilan mode *Data Processing*. Blok warna merah menunjukkan pilihan *working area*.

2. Memilih *working area*, *working area* adalah data pengamatan lapangan yang dijadikan dalam satu *folder* sesuai dengan tanggal pengamatan.



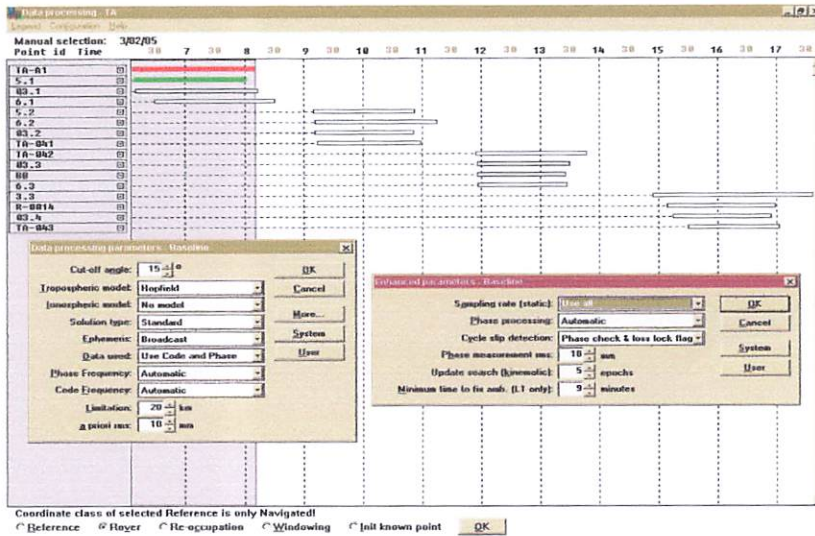
gambar 3.12. Pemilihan working area.

- Memilih mode *Manual Selection*, dengan cara klik tombol manual. Pada mode ini, ditampilkan data hasil pengamatan disesuaikan dengan jam pengamatan.



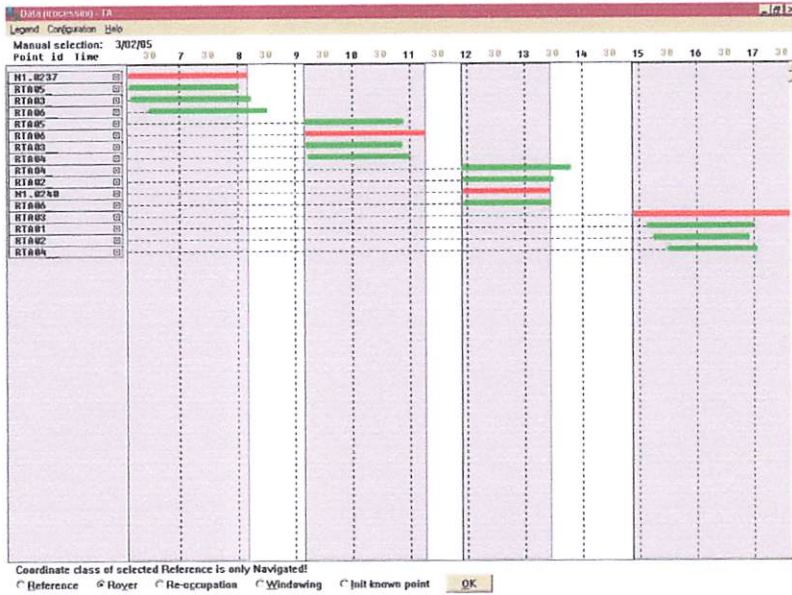
gambar 3.13. Data hasil pengamatan.

- Pemilihan mode proses *baseline* dan parameter proses *baseline* pada *Configuration*, dengan cara: Klik *configuration*→*processing mode*→*baseline*, dan klik *configuration*→*parameter*→pilih parameter sesuai dengan kebutuhan.



gambar 3.14. Parameter proses *baseline*

- Pemilihan titik sebagai *reference* dan *rover*, dengan cara klik *reference*→pilih titik yang digunakan sebagai *reference*. Hal yang sama dilakukan untuk *rover*.



gambar 3.15. Pemilihan reference dan rover

6. Proses perhitungan *baseline*, dilakukan dengan klik tombol *ok* → *compute*
7. Hasil dari perhitungan *baseline* ditampilkan dengan blok hitam untuk *baseline* yang *resolve ambiguity*nya.

Point id	Reference	uLat	uLon	uH	A	Stored	Type
RTAB1	RTAB3	0.004	0.019	0.005	N	no	STS
RTAB2	RTAB3	0.004	0.018	0.006	N	no	STS
RTAB2	N1_0248	0.002	0.010	0.006	N	no	STS
RTAB3	N1_0237	0.000	0.000	0.001	Y	no	STS
RTAB3	RTAB5	0.000	0.000	0.001	Y	no	STS
RTAB4	RTAB5	0.000	0.000	0.001	Y	no	STS
RTAB4	N1_0248	0.002	0.008	0.005	N	no	STS
RTAB4	RTAB3	0.005	0.023	0.008	N	no	STS
RTAB5	RTAB5	0.000	0.000	0.001	Y	no	STS
RTAB5	N1_0237	0.000	0.000	0.001	Y	no	STS
RTAB5	N1_0248	0.002	0.010	0.007	N	no	STS
RTAB6	N1_0237	0.000	0.019	0.006	N	no	STS

gambar 3.16. Hasil perhitungan *baseline*. blok hitam menunjukkan *ambiguity resolve*

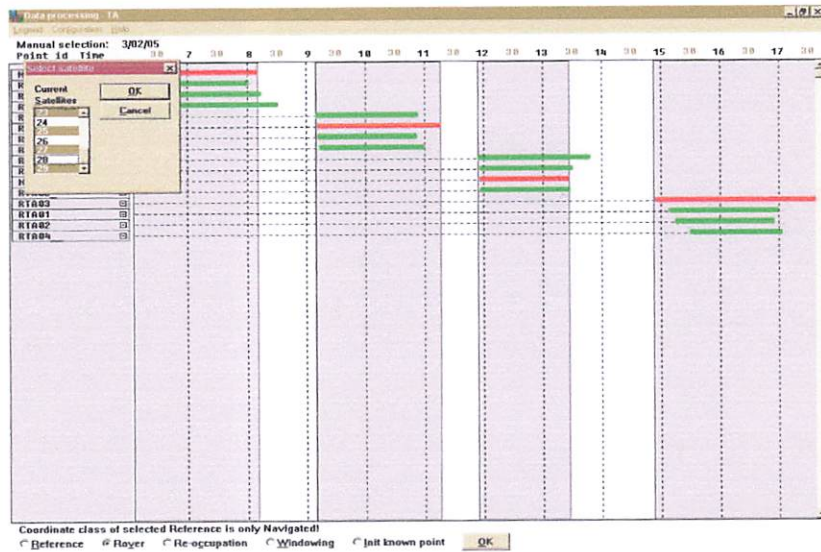
8. Menyimpan data hasil perhitungan *baseline* pada *project* dengan cara klik tombol *store*.
9. Menampilkan data log pengamatan, klik tombol *log*→*file*→*save to file*, atau *log*→*print*. Menampilkan residual perhitungan *baseline*, klik tombol residual→pilih *baseline* yang akan ditampilkan residualnya→*compute*→*show*→*print* atau *file* →*save to file*

Residuals	RL	CH	Rover	Reference	First common ep	Amb Frq Obs
1	1	RTAB1	RTAB3	RTAB3	03/02/05 15:00:30	N 1+5 S1S
2	2	RTAB2	RTAB3	RTAB3	03/02/05 15:15:00	N 1+5 S1S
3	3	RTAB2	N1_0240	N1_0240	03/02/05 11:56:00	N 1+5 S1S
4	4	RTAB3	N1_0237	N1_0237	03/02/05 06:09:15	V 1+5 S1S
5	5	RTAB3	RTAB6	RTAB6	03/02/05 09:11:45	V 1+5 S1S
6	6	RTAB4	RTAB5	RTAB5	03/02/05 09:12:00	Y 1+5 S1S
7	7	RTAB4	N1_0240	N1_0240	03/02/05 11:56:00	N 1+5 S1S
8	8	RTAB4	RTAB3	RTAB3	03/02/05 15:00:00	N 1+5 S1S
9	9	RTAB5	RTAB6	RTAB6	03/02/05 09:11:15	V 1+5 S1S
10	10	RTAB5	N1_0237	N1_0237	03/02/05 06:07:30	V 1+5 S1S
11	11	RTAB5	N1_0240	N1_0240	03/02/05 11:57:00	N 1+5 S1S
12	12	RTAB6	N1_0237	N1_0237	03/02/05 06:09:45	N 3 S1S

Compute Show Cancel

gambar 3.17. Pemilihan *baseline* untuk ditampilkan residual perhitungan *baselinenya*

10. Dengan melihat residual perhitungan *baseline*, dapat diketahui residual dari setiap satelit, sehingga dapat ditentukan satelit yang datanya bagus dan satelit dengan data jelek, satelit dengan data jelek tidak diikuti pada perhitungan *baseline* ulang untuk *baseline* yang *ambiguitynya* tidak *resolved*.



gambar 3.18. Pemilihan satelit dengan data jelek untuk tidak diikuti pada perhitungan *baseline*

11. Proses perhitungan dilakukan hingga *ambiguity* dari seluruh *baseline* resolve. Strategi perhitungan *baseline* agar *ambiguity* resolve antara lain dengan pemilihan parameter proses *baseline*, *windowing* untuk memilih waktu terbaik dalam pengamatan yang diikuti pada proses perhitungan *baseline*, tidak mengikutkan satelit dengan data jelek pada proses perhitungan *baseline*.

III. 8. 3. Perataan Jaringan

Setelah semua *baseline* selesai dihitung pada tahap berikutnya *baseline-baseline* tersebut digabungkan untuk diproses pada suatu perataan jaringan untuk mendapatkan harga koordinat dari titik-titik dalam jaringan. Proses perataan jaringan dilakukan dalam dua tahap yaitu perataan jaring bebas (*free network adjustment*) dan perataan jaring terikat (*constrained network adjustment*).

Perataan jaring bebas digunakan untuk mengecek kualitas dan konsistensi dari *baseline-baseline* yang digunakan, mendeteksi *outlier* dan mencari nilai residual terbesar dari masing-masing komponen *baseline*. *Baseline* yang didapati sebagai *outlier* diproses ulang hingga nilai residualnya kecil, apabila nilai residualnya tetap besar, maka dilakukan pengukuran ulang untuk *baseline* bersangkutan.

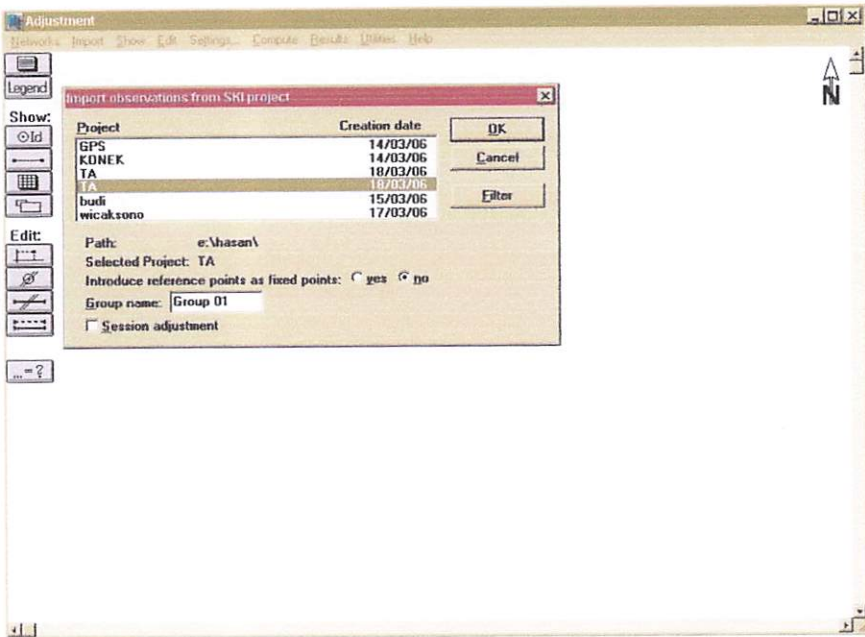
Setelah perataan jaring bebas selesai, dilakukan proses perataan jaring terikat dengan menggunakan semua titik kontrol yang ada sebagai titik tetap. Secara umum tahapan proses perataan jaringan pada *software* SKI 2.3, antara lain:

1. SKI main selection→adjustment



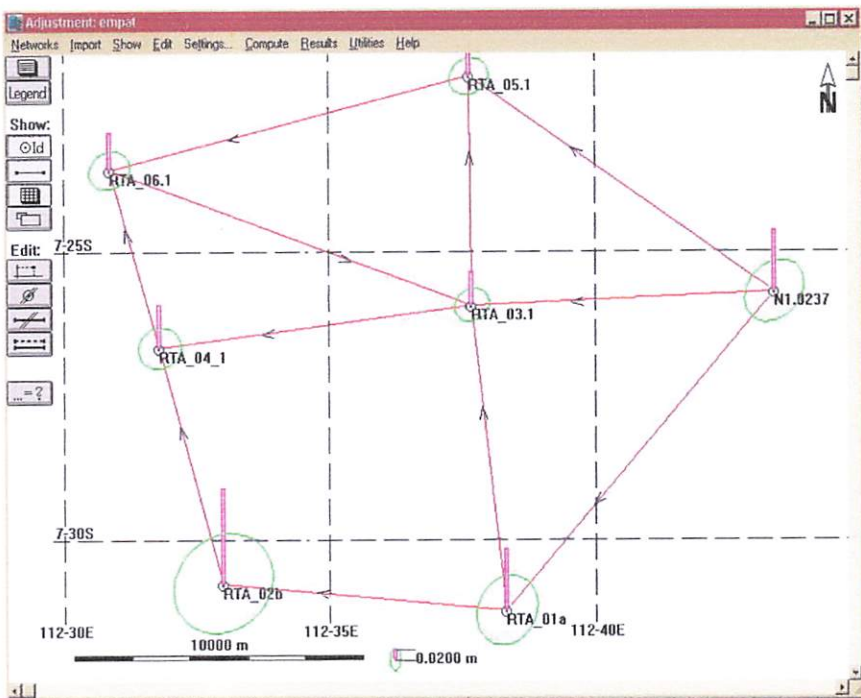
gambar 3.19. Tampilan mode Adjustment.

2. Import→SKI project→pilih project yang akan diratakan→ok



gambar 3.120. Pemilihan project yang akan dilakukan perataan jaringan

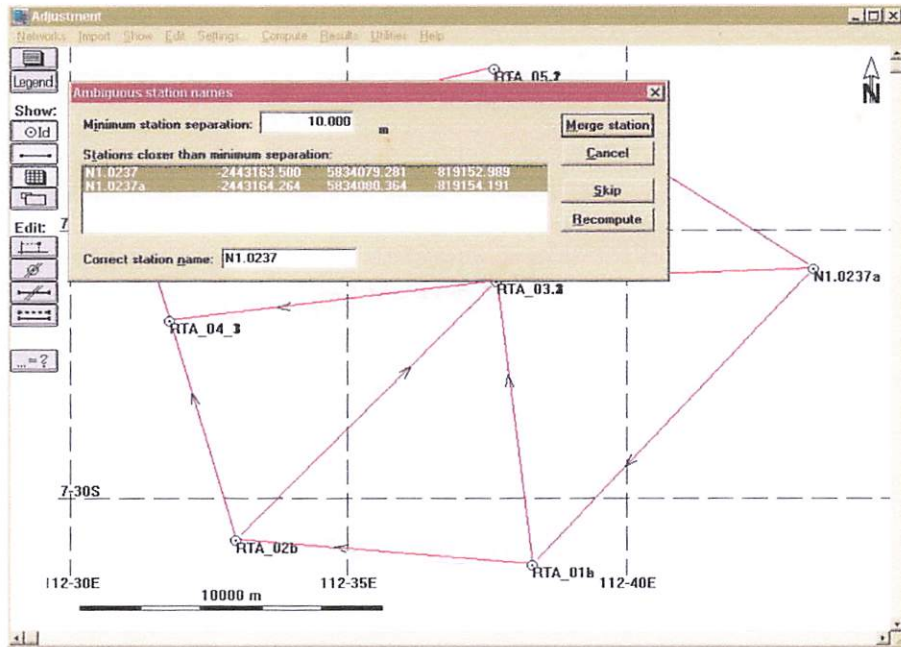
3. Menampilkan *baseline* dan *point id*. Show→*baseline*, show→*point id*



gambar 3.21. Tampilan *baseline* dan nama titik

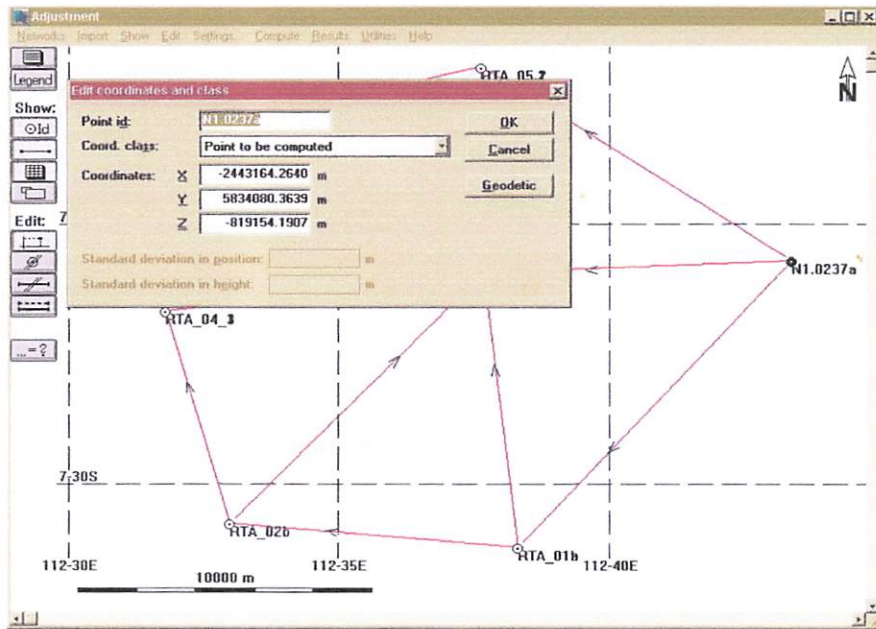
4. Penyesuaian nama titik dan tes konsistensi nama titik untuk setiap titik.

Utilities → *test for ambiguous station* → masukkan nama titik yang sesuai.



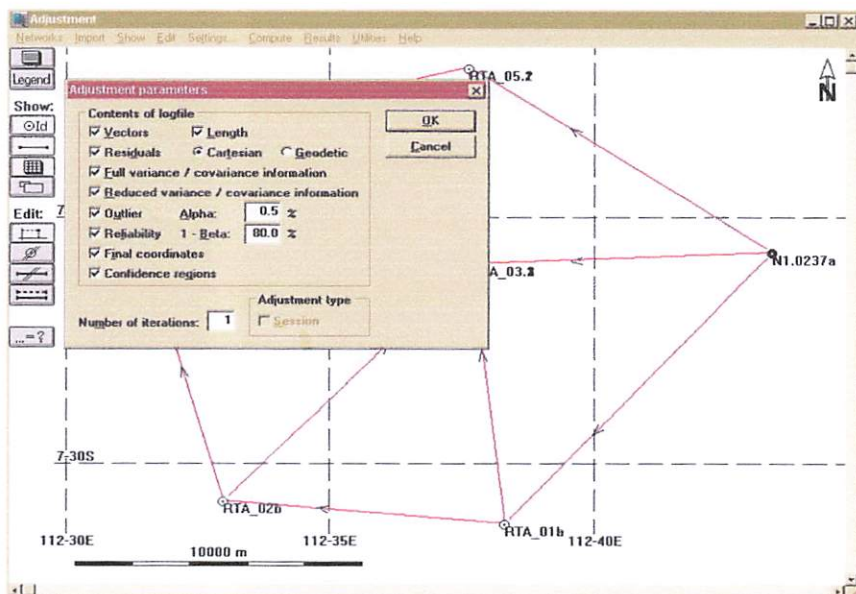
gambar 3.22. Penyesuaian nama titik

5. Memasukkan nilai koordinat titik tetap. *Edit* → *coordinates and class* → pilih titik yang merupakan titik tetap → klik *coordinates and class* → *fixed position and height* → masukkan nilai koordinatnya.



gambar 3.23. Pemasukan nilai koordinat titik tetap

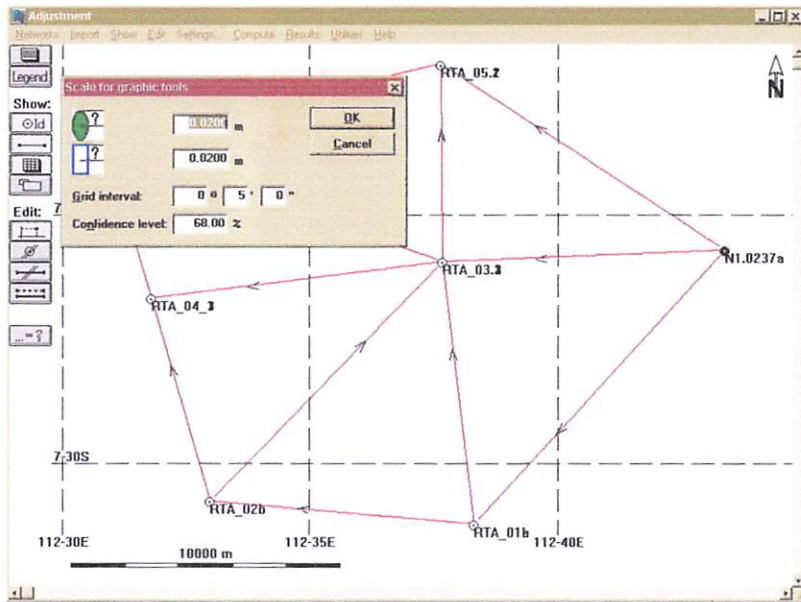
- Memasukkan nilai α dan $1-\beta$. *Setting*→masukkan nilai α →masukkan nilai β .



gambar 3.24. Setting nilai Alpha dan Beta untuk perataan

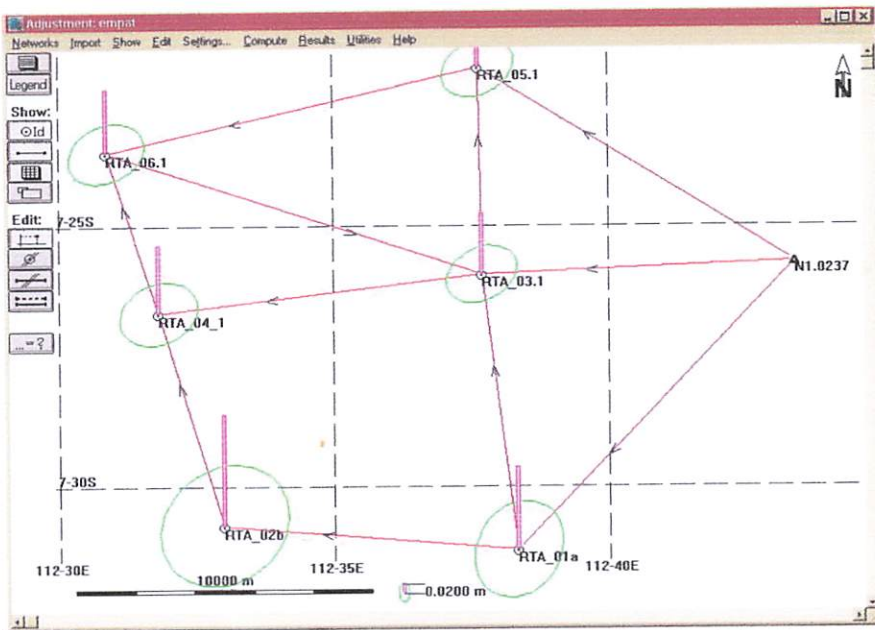
- Memasukkan nilai *confidence level* untuk perataan, 95% atau 68%. Studi Tentang Pengaruh Konektivitas Titik Terhadap Kualitas Titik Dalam Jaringan GPS menggunakan nilai 68% sebagai nilai *confidence level*.

Utilities → *set scale* → masukkan nilai *confidence level*



gambar 3.25. Setting nilai *confidence level* untuk perataan

- Perhitungan perataan. Klik tombol *compute*
- Keluar tampilan *ellips* kesalahan



gambar 3.26. Tampilan ellips kesalahan absolut

10. Menampilkan hasil lengkap statistik perataan dengan cara.

Result → *logfile* → *print/save to file*.

11. Selesai.

BAB IV

PEMBAHASAN DAN ANALISA HASIL

Pada bab ini dibahas hasil dari pelaksanaan penelitian dan analisa dari hasil pelaksanaan penelitian.

IV. 1. SURVEI RECONNAISSANCE

Hasil dari survei *reconnaissance* dapat dijelaskan sebagai berikut:

Nama Titik	Rencana		Realisasi		Keterangan
	Latitude (south)	Longitude (east)	Latitude (south)	Longitude (east)	
RTA01	7° 31' 45.0"	112° 38' 13.0"	7° 31' 14.05"	112° 38' 19.12"	Geser oleh karena titik rencana merupakan daerah banjir
RTA02	7° 32' 30."	112° 32' 27.0"	7° 30' 45.37"	112° 32' 59.61"	Geser, area milik LINUD 503
RTA03	7° 26' 30.0"	112° 37' 10.0"	7° 25' 56.72"	112° 37' 40.91"	Geser, area persawahan
RTA04	7° 27' 00.0"	112° 31' 50.0"	7° 26' 40.85"	112° 31' 49.08"	Sesuai rencana
RTA05	7° 20' 50.0"	112° 37' 00.0"	7° 21' 59.71"	112° 37' 37.94"	Geser, daerah industri
RTA06	7° 21' 35.0"	112° 30' 55.0"	7° 23' 36.40"	112° 30' 52.83"	Geser, Area kebun tebu, tidak ada akses jalan

Tabel 4.1. Hasil survei *reconnaissance*

Titik-titik penelitian berada pada lokasi terbaik untuk pelaksanaan pengamatan GPS, antara lain:

1. Tidak terdapat obyek-obyek yang dapat mengganggu jalannya sinyal satelit GPS.
2. Jauh dari obyek-obyek yang dapat menyebabkan efek *multipath*.
3. Ruang pandang yang bebas ke angkasa.
4. Tidak terganggu dan mengganggu fasilitas dan utilitas umum.
5. Mudah dijangkau dengan kendaraan roda empat.

Pada survei *reconnaissance* juga didapatkan hasil lain yang berguna pada saat pelaksanaan pengamatan GPS antara lain tentang waktu tempuh antar titik.

	N1.0237	RTA01	RTA02	RTA03	RTA04	RTA05	RTA06	N1.0240
N1.0237				35'	50'			
RTA01			35'	40'			45'	60'
RTA02		35'		30'			60'	25'
RTA03	35'	40'	30'		20'	35'		45'
RTA04	50'			20'				
RTA05				35'			20'	45'
RTA06		45'	60'			20'		30'

Tabel 4. 2. Waktu tempuh antar titik

Data waktu tempuh antar titik diperlukan untuk perhitungan pelaksanaan sesi pengamatan, sehingga tim pengamat dapat melaksanakan pengamatan secara bersama-sama.

Pada pelaksanaan pengamatan GPS, komunikasi antar tim pengamat direncanakan menggunakan telepon seluler, sehingga dilakukan survei jumlah sinyal telepon seluler pada lokasi titik penelitian.

IV. 2. PERENCANAAN PENGAMATAN GPS

Rencana pengamatan GPS dibuat dengan memperhatikan hasil survei *reconnaissance* dan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut;

1. Jumlah *receiver* GPS yang digunakan adalah empat (4) set.
2. Waktu tempuh antar titik terlama adalah 60 menit pada saat jam sibuk.
3. Kendaraan yang digunakan untuk perpindahan tim pengamatan berjumlah dua(2) unit.
4. Jarak *baseline* terpanjang adalah sekitar 14 km.
5. Lama waktu pengamatan ditentukan kurang lebih selama 75 menit.

6. Kapasitas *memory* GPS setelah dikurangi data *input* adalah sekitar 450-500 kb, sehingga maksimum untuk sekitar 450-500 menit waktu pengamatan dalam keadaan tanpa *download* data pengamatan.
7. Kemampuan baterai GPS diasumsikan cukup untuk 8 hingga 10 jam pengamatan.

Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut diatas maka direncanakan pengamatan GPS sebagai berikut:

Sesi	Waktu Pengamatan	No Alat	Nama Titik	Keterangan
1	02-02-2005 06:00 – 08:05	GPS 1 GPS 2 GPS 3 GPS 4	RTA06 RTA05 N1.0237 RTA03	
2	08:45 – 10:50	GPS 1 GPS 2 GPS 3 GPS 4	RTA06 RTA05 RTA04 RTA03	GPS 3 pindah dari N1-0237 ke RTA04 (waktu <i>moving</i> 40menit)
3	11:30 – 13:35	GPS 1 GPS 2 GPS 3 GPS 4	RTA06 RTA01(off) RTA04 RTA02	<ul style="list-style-type: none"> • GPS 2 pindah ke RTA01 (RTA01 untuk sesi 3 tidak melakukan pengamatan) • GPS 4 pindah ke RTA02 (waktu <i>moving</i> 40 menit)
4	14:35 – 16:40	GPS 1 GPS 2 GPS 4	RTA03 RTA01 RTA02	<ul style="list-style-type: none"> • GPS 1 pindah ke RTA03 • GPS 3 off (waktu <i>moving</i> 60 menit)
5	03-02-2005 18:00 – 19:05	GPS 1 GPS 4	N1.0237 RTA01	

Tabel 4.3. Rencana Pengamatan GPS

IV. 3. PELAKSANAAN PENGAMATAN GPS

Hasil dari pelaksanaan pengamatan GPS direpresentasikan pada tabel resume pengamatan dibawah ini.

TANGGAL	SESSION	WAKTU PENGAMATAN	NO. ALAT	NOMOR TUGU	TINGGI ALAT
2/2/05	1	06.05 - 08.10	GPS 1	RTA-06	1.120 M
			GPS 2	RTA-05	1.134 M
			GPS 3	N1.0237	1.100 M
			GPS 4	RTA-03	1.253 M
	2	09.10 - 11.15	GPS 1	RTA-06	1.122 M
			GPS 2	RTA-05	1.131 M
			GPS 3	RTA-04	1.267 M
			GPS 4	RTA-03	1.250 M
	3	11.54 - 13.55	GPS 1	RTA-06	1.117 M
			GPS 3	RTA-04	1.270 M
			GPS 4	RTA-02	1.189 M
	4	15.00 - 17.05	GPS 1	RTA-03	1.265 M
			GPS 2	RTA-01	1.211 M
			GPS 4	RTA-02	1.192 M
3/2/05	5	19:47 - 20: 25	GPS 1	N1.0237	1.443 M
			GPS 4	RTA-01	1.230 M

Tabel 4.4. Resume pengamatan GPS.

Dalam pelaksanaannya, pengamatan GPS berjalan sesuai dengan rencana.

IV. 4. PROSES PENGOLAHAN *BASELINE*

Proses pengolahan *baseline* dilaksanakan dengan memenuhi standar pengukuran jaring kontrol GPS orde dua(2), secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut:

BASELINE	JARAK (meter)	LAMA PENGAMATAN (minimum)	GPS DUAL FREKUENSI	AMBIGUITY	SOLUSI BASELINE
ORDE DUA	(min) 5000 (max) 30000	30 menit	YA	RESOLVED	FIXED
RTA4-RTA6	5923.132	106 menit	ya	Resolved	iono free fixed
RTA3-RTA5	7281.645	112 menit	ya	Resolved	iono free fixed
RTA2-RTA4	7817.004	85 menit	ya	Resolved	iono free fixed
RTA1-RTA3	9818.612	111 menit	ya	Resolved	iono free fixed
RTA1-RTA2	9835.469	100 menit	ya	Resolved	iono free fixed
N1.0237-RTA3	10454.842	121 menit	ya	Resolved	iono free fixed
RTA3-RTA4	10873.353	99 menit	ya	Resolved	iono free fixed
N1.0237-RTA5	12568.911	113 menit	ya	Resolved	iono free fixed
RTA5-RTA6	12773.861	92menit	ya	Resolved	iono free fixed
RTA3-RTA6	13235.667	89 menit	ya	Resolved	iono free fixed
N1.0237-RTA1	13769.948	37 menit	ya	Resolved	iono free fixed

Tabel 4. 5. Analisa hasil proses *baseline* terhadap standar orde dua.

Dari tabel 4.5. diatas dapat dijelaskan bahwa *baseline* dalam jaringan pengamatan untuk 'Studi tentang Pengaruh Konektivitas Titik terhadap Kualitas Titik dalam Jaring GPS' telah memenuhi syarat titik standar Orde Dua.

Secara umum, tingkat ketelitian suatu *baseline* GPS yang diperoleh, akan bergantung pada empat faktor utama, yaitu: kualitas data fase yang digunakan, geometri pengamatan, strategi pengamatan yang diterapkan, dan strategi pengolahan data yang digunakan. Faktor lain yang menjadi pertimbangan untuk mendapatkan hasil dengan ketelitian tinggi dalam orde millimeter adalah lama pengamatan dan panjang *baseline*.

Dari proses pengolahan *baseline* didapatkan hasil antara lain, sebagai

berikut: Tabel 4.9. Analisa Pre-Proses *baseline*

BASELINE	LAMA PENGAMATAN	WAKTU PENGAMATAN	JUMLAH SATELIT (no. satelit)	SATELIT TIDAK DIGUNAKAN	GDOP TERKECIL	GDOP TERBESAR
N1.0237-RTA01	37 menit	19:47:45 - 20:24:30	8 (2,5,6,9,17,21,26,30)	26	2.7	20.7
N1.0237-RTA03	121 menit	06:09:15 - 08:10:15	7 (1,3,11,13,19,23,25)	none	3.1	96.4
N1.0237-RTA05	113 menit	06:07:30 - 08:00:45	7 (1,3,11,13,19,23,25)	none	3.1	96.3
N1.0240-RTA02	90 menit	11:56:00 - 13:26:15	10 (2,4,7,8,10,13,20,24,27,28)	none	2.3	3.5
N1.0240-RTA04	90 menit	11:56:00 - 13:26:15	10 (2,4,7,8,10,13,20,24,27,28)	none	2.2	3.5
N1.0240-RTA06	89 menit	11:57:00 - 13:26:15	10 (2,4,7,8,10,13,20,24,27,28)	2,27	2.4	8.2
RTA01-RTA02	100menit	15:15:00 - 16:54:30	8 (2,4,5,7,10,26,28,29)	none	2.7	10.7
RTA01-RTA03	111 menit	15:08:34 - 16:59:00	8 (2,4,5,7,10,26,28,29)	4,28	2.7	10.3
RTA02-RTA04	85menit	15:30:00 - 16:54:30	8 (2,4,5,7,10,26,28,29)	none	2.8	8.9
RTA03-RTA04	99menit	09:13:45 - 10:52:15	9 (4,7,8,11,13,20,23,24,27)	none	2.5	5.5
RTA03-RTA05	112menit	06:09:15 - 08:00:45	8 (1,3,11,13,19,20,23,25)	none	2.5	3.9
RTA03-RTA05(2)	101menit	09:11:45 - 10:52:15	9 (4,7,8,11,13,20,23,24,27)	none	2.5	10.9
RTA04-RTA06	106menit	09:13:45 - 10:59:00	10 (4,7,8,11,13,20,23,24,27,28)	none	2.1	4
RTA05-RTA06	92menit	06:28:45 - 08:00:45	8 (1,3,11,13,19,20,23,25)	none	2.5	3.4

Adapun parameter proses *baseline*, dapat dijelaskan sebagai berikut:

PARAMETER PEMROSESAN BASELINE								
BASELINE	CUT-OFF ANGLE	TROPOSPHERIC MODEL	IONOSPHERIC MODEL	SOLUSI BASELINE	EPHEMERIS	A PRIORI RMS	PHASE MEASUREMENT RMS	MIN. TIME TO FIX AMBIGUITY
SKI-system	15	Hopfield	no model	fixed	broadcast	10	10	9
N1.0237-RTA01	15	Saastamoinen	no model	iono free fixed	broadcast	10	10	15
N1.0237-RTA03	15	Saastamoinen	no model	iono free fixed	broadcast	10	10	9
N1.0237-RTA05	15	Saastamoinen	no model	iono free fixed	broadcast	10	10	9
RTA01-RTA02	15	Saastamoinen	Standart	iono free fixed	broadcast	13	13	9
RTA01-RTA03	15	Saastamoinen	no model	iono free fixed	broadcast	23	23	15
RTA02-RTA04	15	Saastamoinen	Standart	iono free fixed	broadcast	19	13	9
RTA03-RTA04	15	Saastamoinen	no model	iono free fixed	broadcast	10	10	9
RTA03-RTA05	15	Saastamoinen	no model	iono free fixed	broadcast	10	10	9
RTA03-RTA05	15	Saastamoinen	no model	iono free fixed	broadcast	10	10	9
RTA04-RTA06	15	Saastamoinen	no model	iono free fixed	broadcast	10	10	9
RTA05-RTA06	15	Saastamoinen	no model	iono free fixed	broadcast	10	10	9

Tabel 4.6. Parameter proses *Baseline*.

Keterangan:

1. Pilihan model troposfer memiliki pengaruh yang sangat kecil pada ketelitian *baseline*, dibawah 2 millimeter.
2. Pilihan model ionosfer 'no model' merefleksikan tingkat aktifitas ionosfer yang rendah, sedikit lebih rendah dari model 'standart'.
3. Solusi *baseline* 'iono free fixed' digunakan untuk perhitungan *baseline* panjang diatas 6 km(Trimble support "baseline solution for mid latitudes") , dimana pemecahan nilai *ambiguity* yang tepat menjadi tuntutan.
4. Pilihan 'precise ephemeris' menjanjikan hasil yang lebih baik dibanding 'ephemeris broadcast', akan tetapi tidak semua *software* menyediakan pilihan ini dan tidak semua *software* dapat membaca format *precise ephemeris*, serta tidak semua data *precise ephemeris* dapat ikut didownload.
5. A priori rms menunjukkan nilai ambang batas *phase noise*, standar SKI adalah 10 mm. Nilai ini dapat ditingkatkan untuk memecahkan nilai *ambiguity*, akan tetapi tidak disarankan untuk *baseline* pendek dengan pengamatan dibawah 15 menit.
6. 'Phase Measurement rms' digunakan untuk mengecek adanya *cycle slip*, nilai standar SKI adalah 10 mm. Nilai ini dapat ditingkatkan untuk mendapatkan nilai *ambiguity*.
7. 'Min time to fix ambiguity' waktu pengamatan minimum yang digunakan untuk memecahkan nilai *ambiguity*.

Dengan pilihan parameter proses *baseline* tersebut diatas, didapatkan hasil proses *baseline* dengan kualitas sebagai berikut:

BASELINE	JARAK (m)	INDIKATOR KUALITAS					
		RMS A POSTERIORI	RMS Float (mm)	RMS Fix (mm)	RMS A priori (mm)	Ratio	Ambiguity
N1.0237-RTA01	13769.9476	0.4411	6.1	7.2	10	1.7133	successful
N1.0237-RTA03	10454.8423	0.4722	7.4	9.2	10	2.3264	successful
N1.0237-RTA05	12568.9111	0.4919	8.1	9.7	10	2.1704	successful
RTA01-RTA02	9835.4686	0.3918	10.8	12.3	13	1.1651	successful
RTA01-RTA03	9818.6123	0.4936	18.5	21.2	23	1.0960	successful
RTA02-RTA04	7817.0041	1.3675	14.1	18.5	19	1.1075	successful
RTA03-RTA04	10873.3531	0.2899	5.5	7.7	10	1.7649	successful
RTA03-RTA05	7281.6447	0.2820	4.2	4.6	10	4.2763	successful
RTA03-RTA06	13235.6670	0.2917	5.3	5.8	10	2.4534	successful
RTA04-RTA06	5923.1317	0.2801	5.1	5.6	10	2.3611	successful
RTA05-RTA06	12773.8597	0.2923	5.0	5.9	10	4.1311	successful

Tabel 4.7. Indikator Kualitas Baseline.

Keterangan:

1. Rms *A priori* adalah batas nilai *phase noise* dari pengamatan *data phase*, standar SKI 2.3 adalah 10mm. Pada kasus dimana nilai *ambiguity* tidak dapat dipecahkan oleh karena kondisi ionosfer yang *noisy*, nilai rms *A priori* dapat ditingkat untuk mendapatkan lebih banyak *noise* gelombang pembawa sehingga nilai *ambiguity* dapat ditentukan dengan benar. Peningkatan nilai rms *A priori* ini harus dilakukan dengan sangat hati-hati karena peluang terjadinya kesalahan penentuan nilai *ambiguity* semakin besar. Peningkatan nilai rms *a priori* sangat tidak direkomendasikan untuk *baseline* pendek dengan pengamatan dibawah 15 menit
2. Rms *float* adalah nilai rms *ambiguity* sebelum ditentukan oleh SKI
3. Rms *fix* adalah nilai rms *ambiguity* setelah ditentukan oleh SKI
4. *Ratio* adalah perbandingan untuk rms *fix1* dan rms *fix2*, dan nilainya harus lebih besar dari 1.0 untuk dapat menentukan nilai *ambiguity*.

5. Data yang Baik adalah dengan kriteria sebagai berikut:

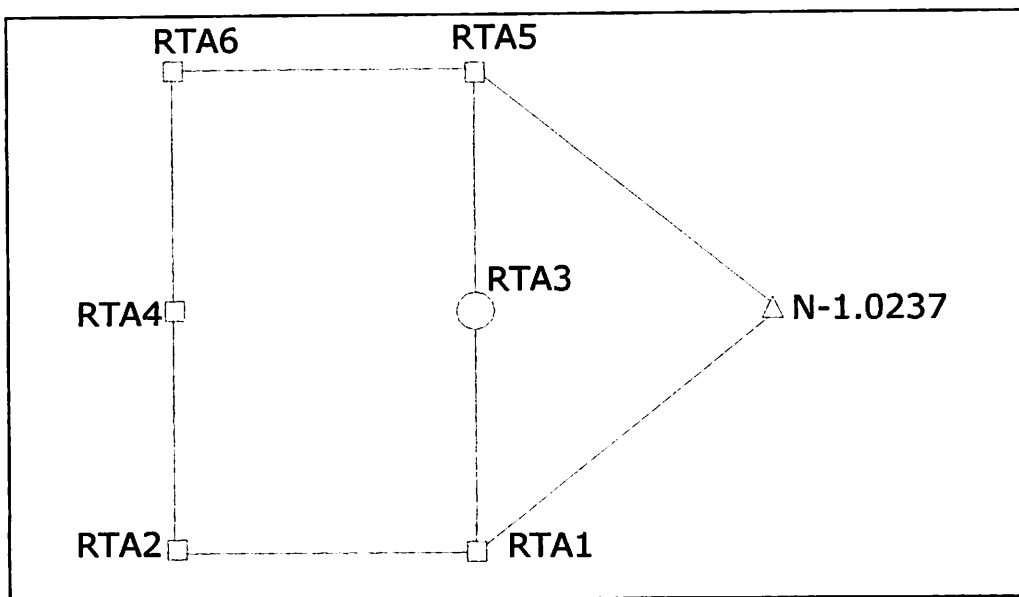
- Nilai RMS (*root mean squares*) lebih kecil dari sepersepuluh panjang gelombang pembawa ($<0.1L$) dimana panjang gelombang $L_1=19\text{cm}$ dan $L_2=24\text{cm}$.
- Nilai RMS kecil dan jumlah data yang ditolak juga kecil menunjukkan bahwa kualitas data adalah baik.
- Nilai RMS besar menunjukkan bahwa sisa kesalahan sistematik dan efek bias atau *multipath* yang terkandung pada data masih cukup besar pengaruhnya.
- Nilai rms bertambah besar sesuai dengan penambahan panjang *baseline*.
- Penentuan nilai *Ambiguity* harus memenuhi:
 1. $\text{rms float} < \text{rms a priori}$
 2. $\text{rms fix} < \text{rms a priori}$
 3. $\text{rms fix 1} < \text{rms fix 2}$

Dari data pada tabel 4.7. diatas, didapat bahwa;

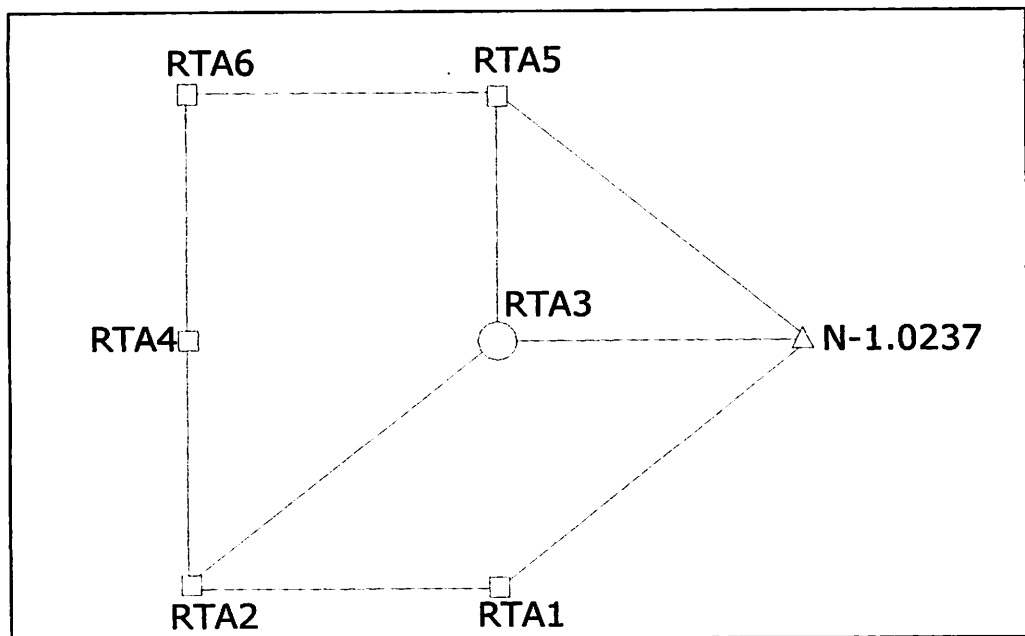
1. Tidak terdapat nilai rms melebihi panjang gelombang pembawa.
2. Tidak terdapat nilai *ratio* dibawah 1.00, sehingga nilai *ambiguity* untuk setiap *baseline* dapat dipecahkan.
3. Tidak terdapat data yang ditolak atau *outlier*, sehingga seluruh *baseline* dapat diikutkan dalam perataan jaringan
4. *Baseline* dengan kualitas terjelek adalah *baseline* RTA02-RTA04.

IV. 5. PERATAAN JARINGAN

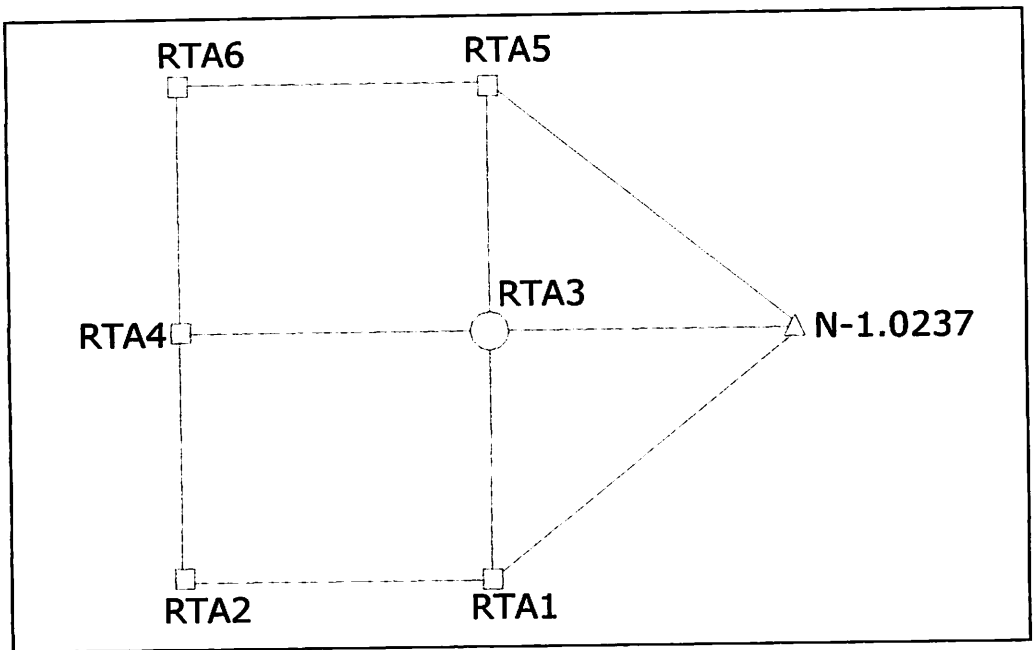
Proses perataan Jaringan dilakukan untuk masing-masing skema secara *minimum constrained* dengan menggunakan titik N1.0237 Buduran sebagai titik tetap. Bentuk jaringan untuk masing-masing skema, sebagai berikut:



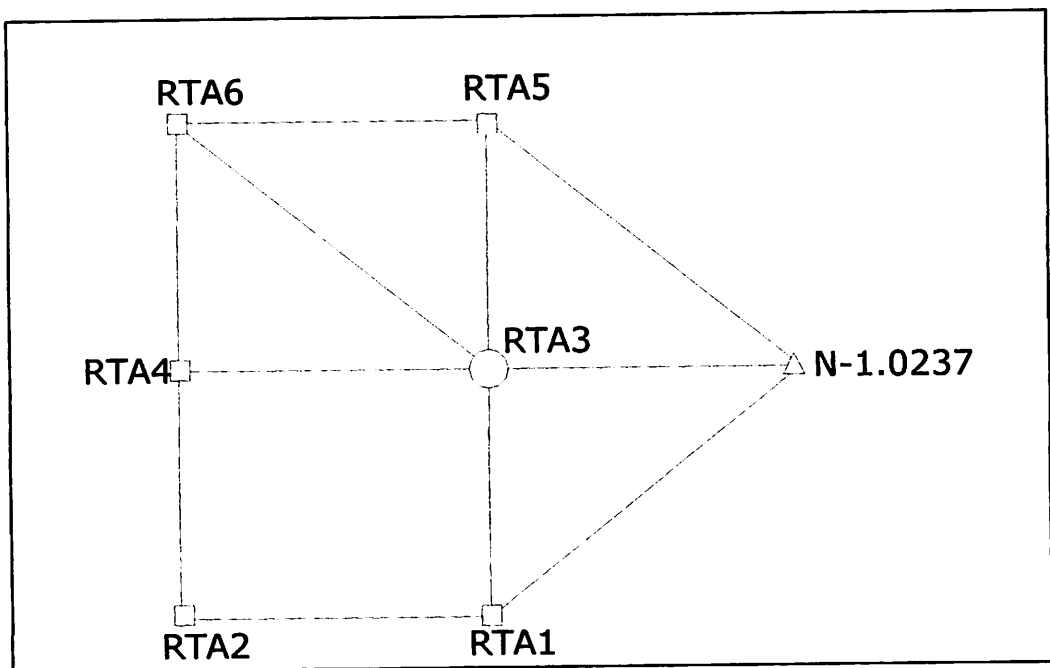
Gambar 4. 1. Bentuk Jaringan skema 1.



Gambar 4. 2. Bentuk Jaringan skema 2



Gambar 4. 3. Bentuk Jaringan skema 3



Gambar 4. 4. Bentuk Jaringan skema 4

Proses perataan jaringan menggunakan 'setting' parameter pada software SKI 2.3 antara lain:

1. Nilai Alpha (α) = 5%

Level of significance, nilai Alpha dibawah 5% dapat menyebabkan data pengamatan yang jelek diterima.

2. Nilai 1-Beta (β) = 80%

nilai 1-Beta yang lebih besar dari 80% dapat menyebabkan data pengamatan yang baik ditolak.

3. Nilai *Confidence level* = 68%

Confidence level atau selang kepercayaan adalah tingkatan kepercayaan atas ketelitian hasil dari perataan jaringan. Nilai *confidence level* yang biasa digunakan dalam perataan jaringan adalah 99%, 90%, dan 68%.

Pada perataan jaringan untuk penelitian ini digunakan nilai 68%, sesuai dengan standar orde dua yang digunakan sebagai acuan.

IV. 5. 1. Analisa Kesalahan Penutup *Loop* dalam Jaringan

Sebuah *loop* dibentuk oleh *baseline* yang saling berhubungan dimana *baseline* awal adalah *baseline* akhir sehingga membentuk *loop* tertutup. Dalam setiap *loop* tertutup, hasil dari penjumlahan masing-masing komponen ΔX , ΔY , dan ΔZ harus sama dengan nol.

Kesalahan hasil dari penjumlahan yang melebihi toleransi mengindikasikan bahwa terdapat blunder atau kesalahan yang besar pada satu atau lebih *baseline* yang terdapat pada *loop*. Analisa hasil perataan menggunakan kesalahan penutup *loop* adalah salah satu cara termudah

dalam mendeteksi kesalahan pada suatu *baseline*. Maksimum kesalahan penutup *Loop* dalam jaringan untuk setiap komponen (X,Y,Z) standar orde 2 adalah 15cm + 1.25 ppm. Berikut adalah kesalahan penutup *loop* untuk masing-masing skema.

Loop	Komp.	Baseline						Closures
				N1.0237-RTA1	RTA1-RTA3	RTA3-RTA5	N1.0237-RTA5	
1	DX			9064.851	593.249	-276.719	-9381.401	-0.02
	DY			2357.596	1622.605	901.902	-4881.99	0.113
	DZ			10093.667	9665.427	7220.274	-6792.129	-0.095
2		RTA1-RTA3	RTA3-RTA5	RTA5-RTA6	RTA4-RTA6	RTA2-RTA4	RTA1-RTA2	
	DX	593.249	-276.719	11615.5	-1312.08	-1628.12	-8992.828	-0.998
	DY	1622.605	901.896	4423.222	1339.562	-1722.046	-3886.853	-0.738
	DZ	9665.427	7220.274	-2947.332	5618.497	-7449.116	-870.548	0.208

Tabel 4. 8. Kesalahan penutup skema 1

Loop	Komp.	Baseline						Closures
					RTA3-RTA5	N1.0237-RTA5	N1.0237-RTA3	
1	DX				-276.719	-9381.401	9658.12	0
	DY				901.902	-4881.99	3980.093	0.005
	DZ				7220.274	-6792.129	-428.147	-0.002
2				N1.237-RTA3	RT1-RTA2	RTA2-RTA3	N1.0237-RTA01	
	DX			9658.12	-8992.828	8399.869	-9064.851	0.31
	DY			3980.093	-3886.853	2264.382	-2357.596	0.026
	DZ			-428.147	-870.548	-8794.781	10093.667	0.191
3		RTA1-RTA3	RTA3-RTA5	RTA5-RTA6	RTA4-RTA6	RTA2-RTA4	RTA1-RTA2	
	DX	593.249	-276.719	11615.5	-1312.08	-1628.12	-8992.828	-0.998
	DY	1622.605	901.896	4423.222	-1339.562	-1722.046	-3886.853	-0.738
	DZ	9665.427	7220.274	-2947.332	-5618.497	-7449.116	-870.548	0.208

Tabel 4. 9. Kesalahan penutup skema 2

Loop	Komp	Baseline			Closures	
1			N1.0237-RTA5	RTA5-RTA3	RTA3-N1.0237	
	DX		9381.401	276.719	-9658.12	0
	DY		4881.99	-901.902	-3980.094	-0.006
	DZ		6792.129	-7220.274	428.147	0.002
2			N1.0237-RTA3	RTA3-RTA1	RTA1-N1.0237	
	DX		-9658.12	593.249	9064.851	-0.02
	DY		-3980.094	1622.605	2357.596	0.107
	DZ		428.147	9665.427	-10093.667	-0.093
3		RTA4-RTA3	RTA3-RTA5	RTA5-RTA6	RTA6-RTA4	
	DX	10026.691	276.719	-11615.5	1312.08	-0.01
	DY	3985.568	-901.902	-4423.222	1339.562	0.006
	DZ	-1345.561	-7220.274	2947.332	5618.497	-0.006
4		RTA3-RTA1	RTA1-RTA2	RTA2-RTA4	RTA4-RTA3	
	DX	593.249	-8992.308	-1628.121	10026.691	-0.489
	DY	1622.605	-3886.453	-1722.045	3985.568	-0.325
	DZ	9665.427	-870.548	-7449.117	-1345.561	0.201

Tabel 4. 10. Kesalahan penutup skema 3

Loop	Komp	Baseline			Closures	
1			RTA3-RTA5	RTA5-N1.0237	N1.0237-RTA3	
	DX		276.717	9381.401	-9658.12	-0.002
	DY		-901.894	4881.99	-3980.09	0.006
	DZ		-7220.275	6792.129	428.146	0
2			N1.0237-RTA01	N1.237-RTA3	RTA3-RTA1	
	DX		9064.856	-9658.12	593.306	0.042
	DY		2357.58	-3980.09	1622.49	-0.02
	DZ		-10093.645	428.146	9665.381	-0.118
3			RTA6-RTA5	RTA5-RTA3	RTA3-RTA6	
	DX		-11615.5	276.717	11338.78	-0.003
	DY		-4423.222	-901.894	5325.122	0.006
	DZ		2947.332	-7220.275	4272.943	0
4			RTA6-RTA3	RTA3-RTA4	RTA4-RTA6	
	DX		-11338.78	10026.691	1312.08	-0.009
	DY		-5325.122	3985.568	1339.562	0.008
	DZ		-4272.943	-1345.561	5618.497	-0.007
5		RTA1-RTA2	RTA2-RTA4	RTA4-RTA3	RTA3-RTA1	
	DX	-8992.828	-1627.116	10026.691	593.306	0.053
	DY	-3886.853	-1721.245	3985.568	1622.49	-0.04
	DZ	-870.548	-7449.217	-1345.561	9665.381	0.055

Tabel 4. 11. Kesalahan penutup skema 4

	KESALAHAN PENUTUP LOOP			SELISIH RATA-RATA
	TERKECIL	TERBESAR	RATA-RATA	
SKEMA 1	0.02	0.998	0.362	0.0867
SKEMA 2	0	0.998	0.2753	0.1699
SKEMA 3	0	0.489	0.1054	0.0808
SKEMA 4	0	0.118	0.0246	

Tabel 4. 12. Nilai rata-rata kesalahan penutup.

Dari data pada tabel 4.8 hingga tabel 4.12 didapat bahwa:

1. Kesalahan penutup *loop* pada skema 2 lebih baik dari kesalahan penutup *loop* pada skema 1, kesalahan penutup *loop* pada skema 3 lebih baik dari kesalahan penutup *loop* pada skema 2, dan kesalahan penutup *loop* pada skema 4 lebih baik dari kesalahan penutup *loop* pada skema 3.
2. Penurunan tertinggi nilai kesalahan penutup *loop* terjadi dari skema 2 ke skema 3, yaitu sebesar 0.1699 meter.
3. Pada skema 4 tidak terdapat kesalahan penutup *loop* yang melebihi 15cm + 1.25ppm, sehingga jaring skema 4 telah memenuhi syarat standar Jaring GPS orde 2.
4. Meski syarat titik prosedur orde dua telah dipenuhi pada skema 3, akan tetapi, syarat maksimum kesalahan penutup *loop* dalam jaringan standar orde dua baru terpenuhi pada skema 4.

IV. 5. 2. Analisa Indikator Kualitas Kontrol pada Perataan Jaringan.

Hasil dari proses hitung perataan yang dapat digunakan sebagai indikator kualitas antara lain;

1. Sigma *A Priori*
2. Sigma *A Posteriori*

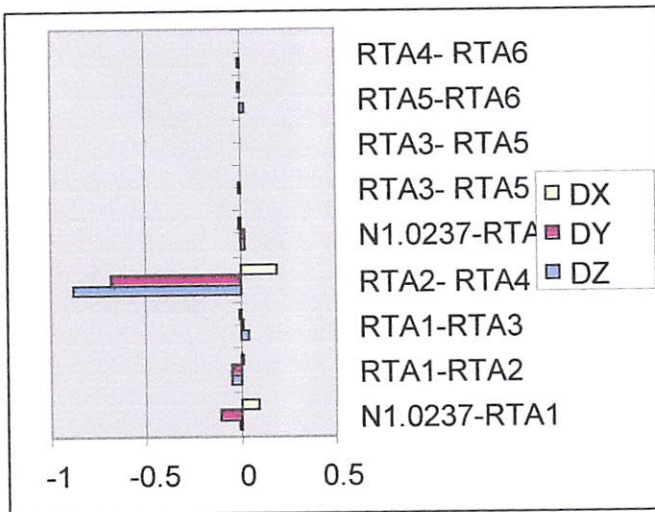
3. Confidence Level
4. Nilai residual perataan
5. Ellips kesalahan absolut titik

Nilai statistik hasil dari proses perataan jaringan sebagai berikut:

Skema 1				
REFERENCE	ROVER	RESIDUALS (m)		
		DX	DY	DZ
N1.0237	RTA1	-0.0021	-0.1023	0.0913
N1.0237	RTA5	0.0222	0.0184	-0.0081
RTA1	RTA2	-0.0438	-0.0424	0.0118
RTA1	RTA3	0.0398	0.0109	-0.0045
RTA2	RTA4	-0.8770	-0.6810	0.1896
RTA3	RTA5	0.0051	-0.0035	0.0003
RTA4	RTA6	-0.0107	-0.0013	-0.0003
RTA5	RTA6	0.0218	0.0002	-0.0022

Tabel 4. 13. Nilai residual hasil proses perataan pada skema 1

Sigma a priori : 0.0029 [m]
 Sigma a posteriori : 0.2602 [m]
 Confidence Level : 68%

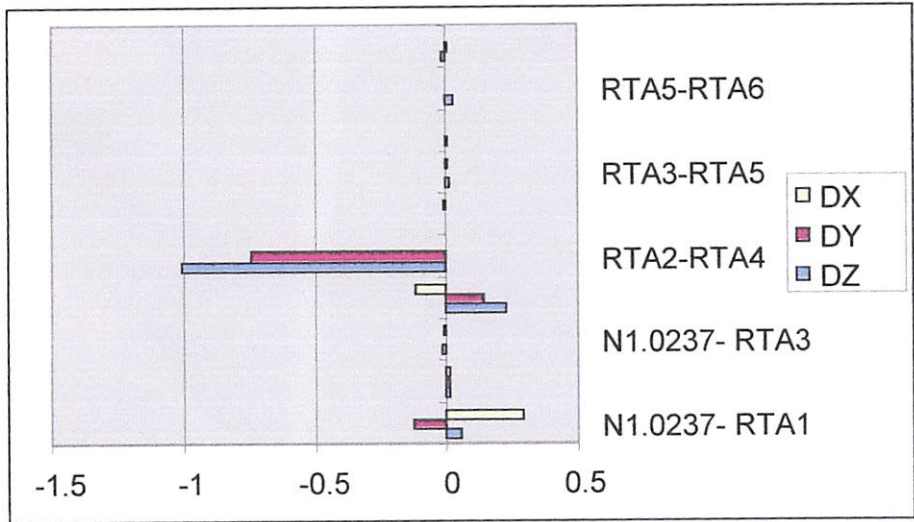


grafik IV.1. residual skema 1

Skema 2				
REFERENCE	ROVER	RESIDUALS (m)		
		DX	DY	DZ
N1.0237	RTA1	0.0550	-0.1249	0.2907
N1.0237	RTA3	-0.0143	-0.0013	-0.0057
N1.0237	RTA5	-0.0050	-0.0003	-0.0059
RTA1	RTA2	0.0143	0.0092	0.0131
RTA2	RTA3	0.2266	0.1400	-0.1193
RTA2	RTA4	-1.0087	-0.7393	-0.0014
RTA3	RTA5	0.0086	0.0014	0.0017
RTA4	RTA6	-0.0162	0.0056	-0.0045
RTA5	RTA6	0.0269	-0.0035	0.0009

Tabel 4. 14. Nilai residual hasil proses perataan pada skema 2

Sigma a priori : 0.0031 [m]
 Sigma a posteriori : 0.2977 [m]
 Confidence Level : 68%

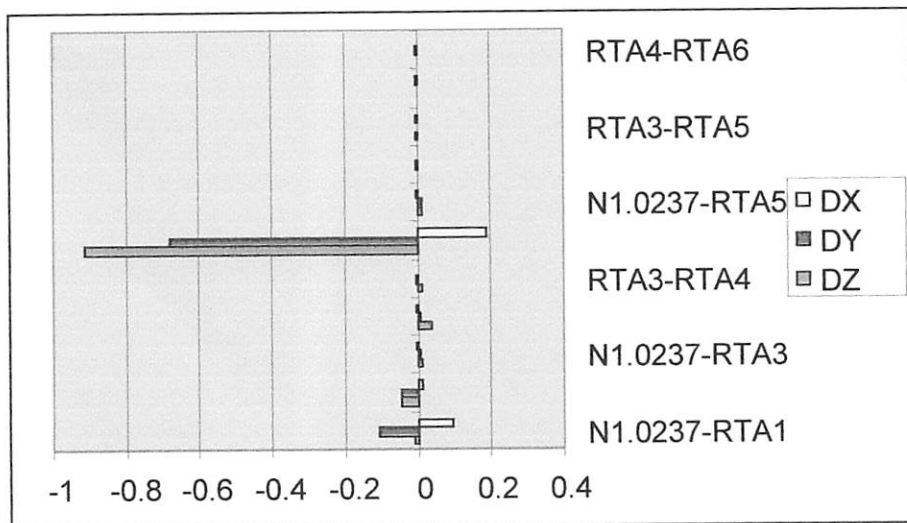


grafik IV.2. residual skema 2

Skema 3				
REFERENCE	ROVER	RESIDUALS (m)		
		DX	DY	DZ
N1.0237	RTA1	-0.0062	-0.1070	0.0938
N1.0237	RTA3	0.0123	0.0087	-0.0031
N1.0237	RTA5	0.0117	0.0118	-0.0054
RTA1	RTA2	-0.0457	-0.0422	0.0117
RTA1	RTA3	0.0386	0.0079	-0.0039
RTA2	RTA4	-0.9116	-0.6792	0.1891
RTA3	RTA4	0.0127	-0.0025	0.0020
RTA3	RTA5	-0.0013	0.0034	-0.0005
RTA4	RTA6	-0.0000	-0.0034	0.0014
RTA5	RTA6	0.0023	0.0022	-0.0014

Tabel 4. 15. Nilai residual hasil proses perataan pada skema 3

Sigma a priori : 0.0027 [m]
 Sigma a posteriori : 0.1906 [m]
 Confidence Level : 68%

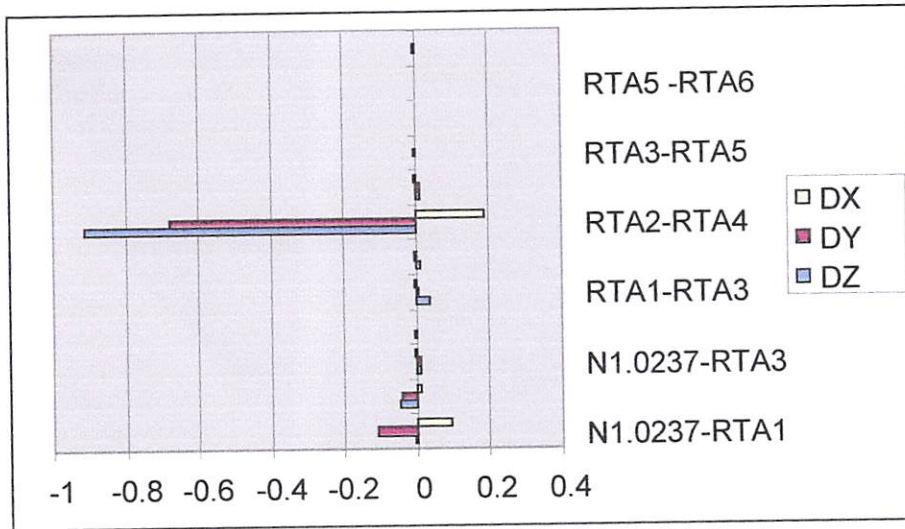


grafik IV.3. residual skema 3

Skema 4				
REFERENCE	ROVER	RESIDUALS (m)		
		DX	DY	DZ
N1.0237	RTA1	-0.0062	-0.1069	0.0937
N1.0237	RTA3	0.0123	0.0090	-0.0033
N1.0237	RTA5	0.0116	0.0115	-0.0053
RTA1	RTA2	-0.0457	-0.0422	0.0117
RTA1	RTA3	0.0386	0.0080	-0.0039
RTA2	RTA4	-0.9121	-0.6797	0.1897
RTA3	RTA4	0.0121	-0.0032	0.0026
RTA3	RTA5	-0.0001	-0.0030	0.0002
RTA4	RTA6	-0.0006	-0.0039	0.0019
RTA5	RTA6	0.0012	0.0015	-0.0005

Tabel 4. 16. Nilai residual hasil proses perataan pada skema 4

Sigma a priori : 0.0026 [m]
 Sigma a posteriori : 0.1673 [m]
 Confidence Level : 68%



grafik IV.4. residual skema 4

Skema	Rata-Rata			
	DX	DY	DZ	Residual
Skema 1	0.11403	0.09582	0.03424	0.08137
Skema 2	0.13855	0.10300	0.04453	0.09536
Skema 3	0.09476	0.07916	0.02840	0.06744
Skema 4	0.08701	0.07269	0.02619	0.06197

Tabel 4. 17. Nilai rata-rata residual masing-masing skema.

Keterangan:

1. Nilai residual dianggap kecil jika lebih kecil dari 1 cm, untuk pengamatan dengan durasi lebih dari 90menit, nilai residual pada kisaran cm menunjukkan bahwa pada *baseline* tersebut terdapat kesalahan sistematik serta terdapat efek dari kesalahan dan bias.

Dari tabel 4. 13, 4.14, 4.15, dan 4.16 diatas didapat bahwa;

1. Nilai sigma a priori dan a posteriori pada skema 1 lebih kecil dari skema 2.
2. Pada skema 3 nilai sigma a priori dan a posteriori-nya jauh lebih kecil dibanding skema 1 dan skema 2, sedangkan pada skema 4 sigma a priori dan a posteriori-nya lebih kecil dibanding dari skema 3.
2. Nilai residual pada skema 1 dengan jumlah 8 *baseline* dan 2 *loop* dalam jaringan yang kemudian dilakukan penambahan jumlah *baseline* menjadi 9 *baseline* dan 3 *loop* dalam jaringan(skema 2) nilai residualnya rata-rata mengalami peningkatan untuk semua titik.
3. Dari skema 2 ke skema 3 dengan penambahan jumlah *baseline* dari 9 *baseline* dan 3 *loop* menjadi 10 *baseline* 4 *loop* terjadi penurunan nilai residual untuk masing-masing titik dalam jaringan.
4. Sedangkan penambahan jumlah *baseline* pada skema 4 menjadi 11 *baseline* 5 *loop* tingkat penurunan nilai residual tidak terlalu signifikan.

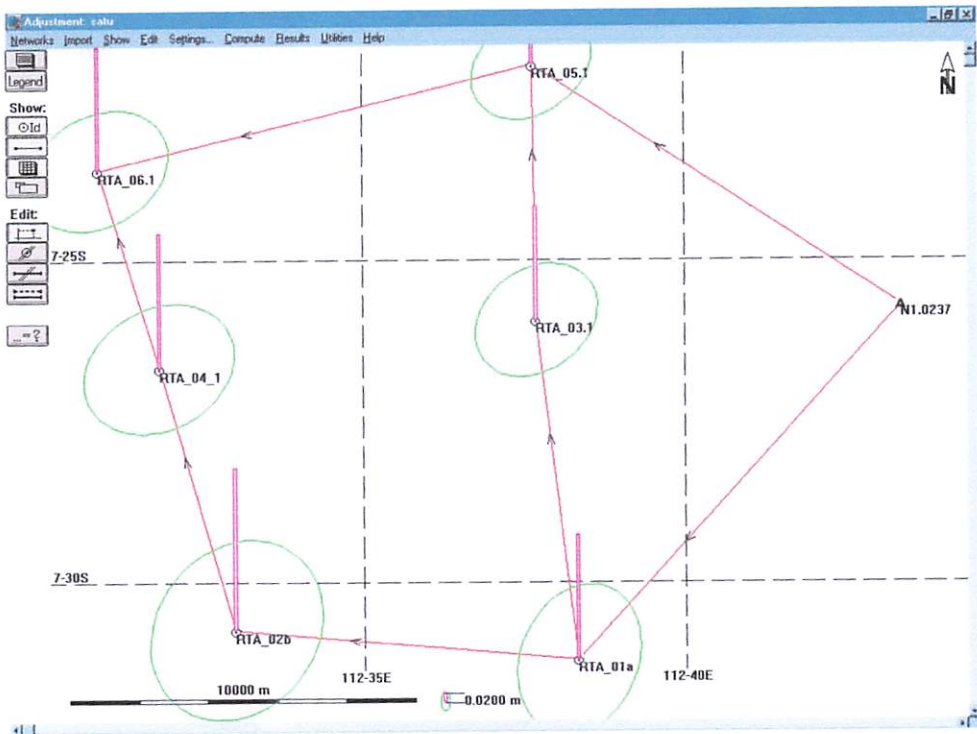
IV. 5. 3. Analisa Ketelitian Titik dalam Jaringan berdasar Ellips Kesalahan Absolut untuk masing-masing Skema.

Elips kesalahan absolut merepresentasikan perhitungan kesalahan minimum-maksimum yang dapat terjadi pada suatu titik digambarkan pada sumbu referensi.

o **Skema 1**

Skema 1				
Nama titik	Sumbu Semi major	Azimuth	Sumbu Semi minor	Height
RTA1	0.1671	21.5	0.1247	0.2660
RTA2	0.2051	35.7	0.1691	0.3458
RTA3	0.1402	53.2	0.1068	0.2420
RTA4	0.1664	61.7	0.1280	0.2851
RTA5	0.1374	54.6	0.1020	0.2360
RTA6	0.1578	60.3	0.1165	0.2610

Tabel 4.18. Ellips kesalahan absolut skema 1

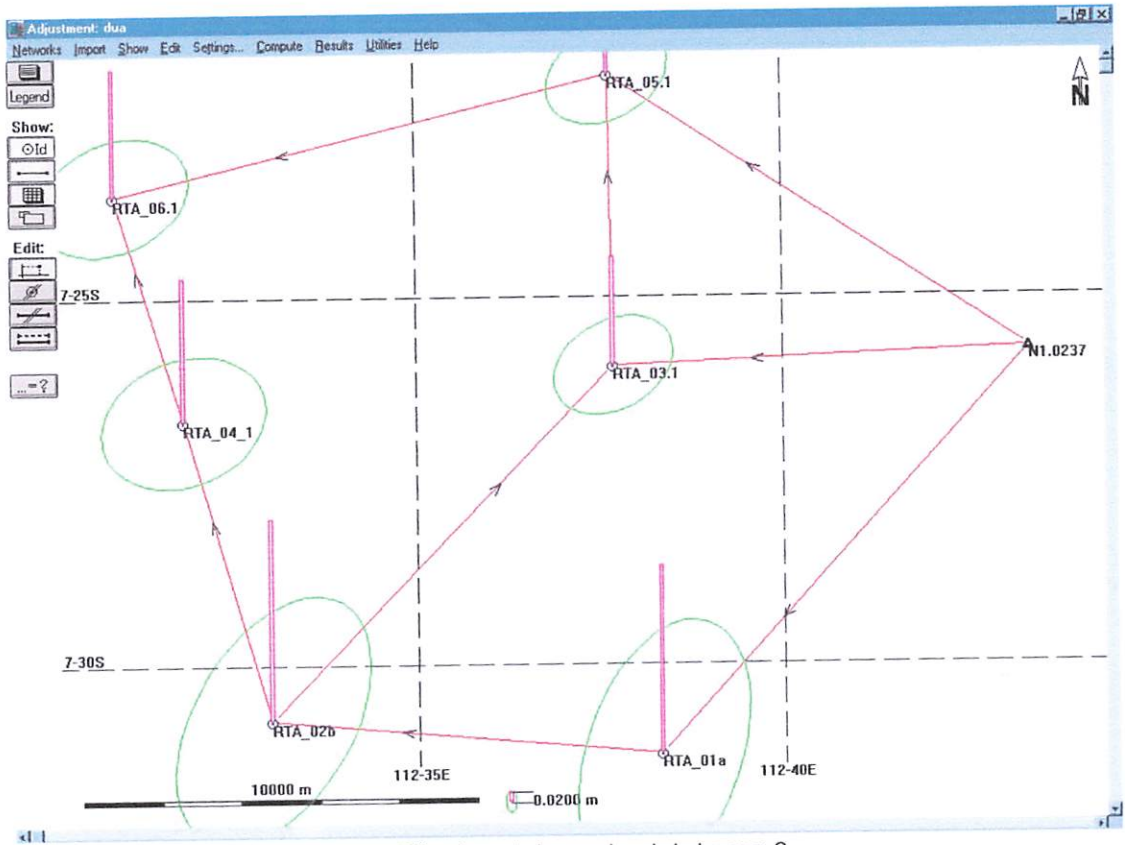


gambar 4.5. Ellips kesalahan absolut asumsi 1

o Skema 2

Skema 2				
Nama titik	Sumbu Semi major	Azimuth	Sumbu Semi minor	Height
RTA1	0.2581	19.4	0.1438	0.3498
RTA2	0.2553	30.9	0.1471	0.3751
RTA3	0.1175	61.3	0.0821	0.2021
RTA4	0.1575	68.8	0.1167	0.2678
RTA5	0.1187	62.1	0.0827	0.2040
RTA6	0.1463	66.9	0.1019	0.2371

Tabel 4.19. Ellips kesalahan absolut skema 2

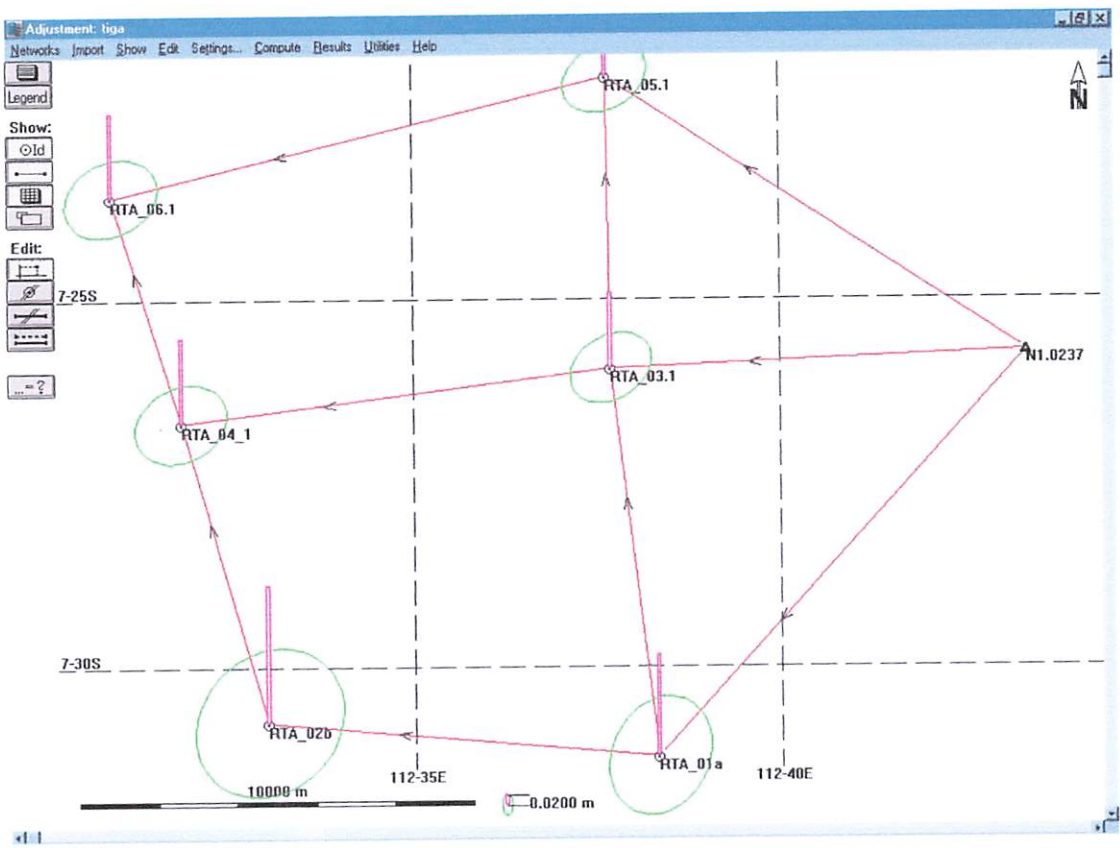


gambar 4.6. Ellips kesalahan absolut skema 2

o Skema 3

Skema 3				
Nama titik	Sumbu Semi major	Azimuth	Sumbu Semi minor	Height
RTA1	0.1154	24.8	0.0905	0.1885
RTA2	0.1498	43.0	0.1258	0.2559
RTA3	0.0807	58.9	0.0587	0.1391
RTA4	0.0890	62.5	0.0680	0.1588
RTA5	0.0821	60.4	0.0592	0.1415
RTA6	0.0914	63.8	0.0678	0.1570

Tabel 4.20. Elips kesalahan absolut skema 3

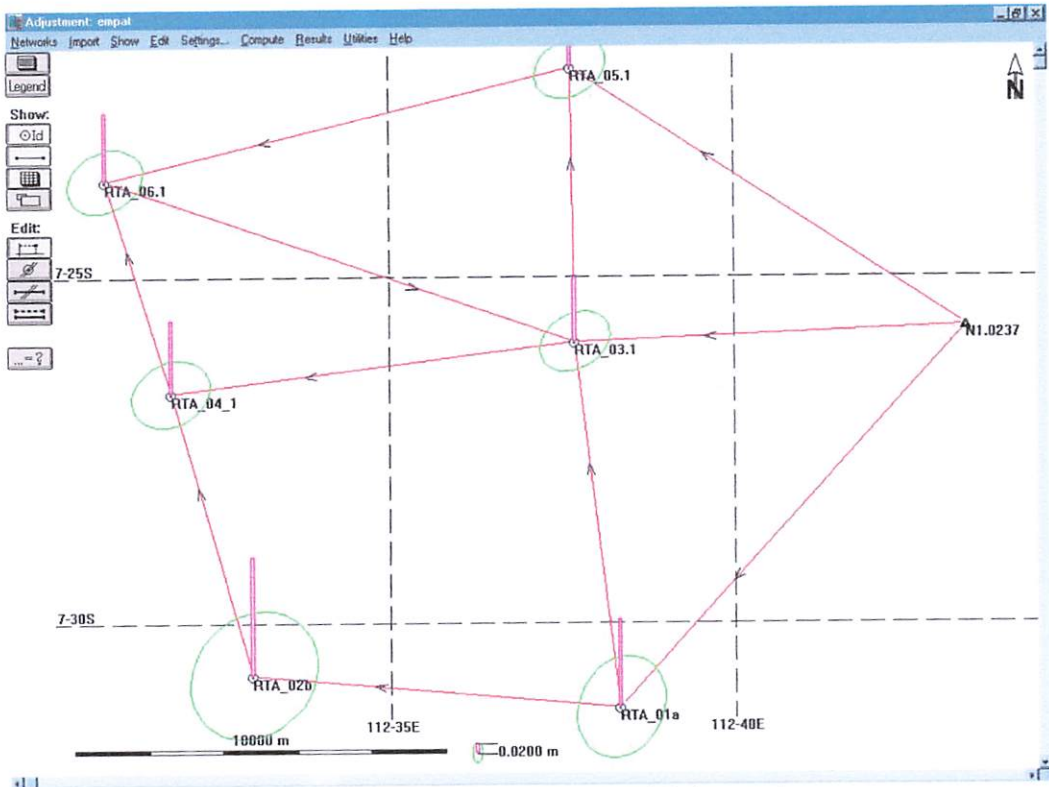


gambar 4.7. Elips kesalahan absolut skema 3

o Skema 4

Skema 4				
Nama titik	Sumbu Semi major	Azimuth	Sumbu Semi minor	Height
RTA1	0.1053	24.9	0.0826	0.1721
RTA2	0.1368	43.0	0.1149	0.2337
RTA3	0.0736	58.9	0.0535	0.1268
RTA4	0.0803	61.9	0.0613	0.1432
RTA5	0.0748	60.3	0.0539	0.1288
RTA6	0.0796	62.0	0.0579	0.1348

Tabel 4.21. Ellips kesalahan absolut skema 4



gambar 4.8. Ellips kesalahan absolut skema 4

		Sumbu Semi Mayor	Sumbu Semi Minor	Tinggi
NILAI RATA-RATA	Skema 1	0.16233	0.12451	0.27265
	Skema 2	0.17556	0.11238	0.27265
	Skema 3	0.10141	0.07833	0.17346
	Skema 4	0.09173	0.07068	0.15656
SELISIH	Skema 1- Skema 2	0.01323	-0.01213	0
	Skema 2- Skema 3	-0.07416	-0.03405	-0.09918
	Skema 3- Skema 4	-0.00966	-0.00765	-0.0169

Tabel 4.22. Nilai rata-rata dan selisih elips kesalahan absolut setiap skema.

Dari tabel 4. 18, 4.19, 4.20, dan 4.21 serta 4. 22 didapat bahwa:

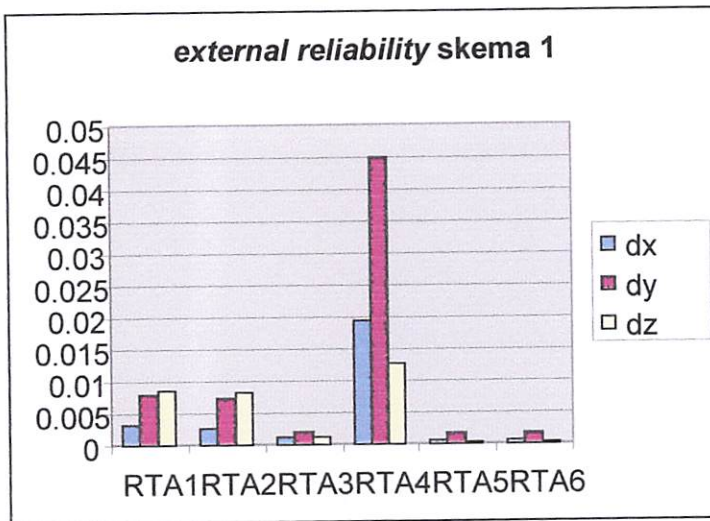
1. Dimensi elips kesalahan absolut yang relatif besar pada Skema 1 dan 2 untuk masing-masing titik dalam jaringan, berkurang secara signifikan pada Skema 3. Pada Skema 4, dimensi elips kesalahan absolut semakin kecil.
2. Dimensi elips kesalahan yang semakin mengecil untuk masing-masing titik dalam jaringan dari skema 1, skema 2, skema 3, dan skema 4, menunjukkan bahwa penambahan *baseline* dan *loop* dalam jaring GPS mempengaruhi ketelitian titik dalam jaring GPS.
3. Peningkatan ketelitian titik berdasar dimensi elips kesalahan ablosut sebagai pengaruh penambahan jumlah *baseline* dan *loop* dalam jaringan yang terbesar pada penelitian ini, adalah saat jumlah *baseline* dalam jaringan ditambah dari sembilan menjadi sepuluh dan jumlah *loop* ditambah dari tiga menjadi empat atau dari skema 2 ke skema 3.
4. Pada RTA3 penambahan konektivitas dari tiga menjadi empat berpengaruh secara signifikan pada dimensi elips kesalahan absolut yang secara relatif menjadi jauh lebih kecil

IV. 5. 4. Analisa terhadap kesalahan Acak pada Titik dalam Jaringan berdasar Nilai *External Reliability*

External Reliability adalah efek terbesar dari kesalahan yang tak terdeteksi pada komponen koordinat oleh karena pengamatan yang bersambung.

TITIK	dX	dY	dZ
RTA1	0.0031	0.0079	0.0085
RTA2	0.0027	0.0073	0.0081
RTA3	0.0012	0.0022	0.0011
RTA4	0.0193	0.0449	0.0127
RTA5	0.0005	0.0018	0.0004
RTA6	0.0005	0.0018	0.0004

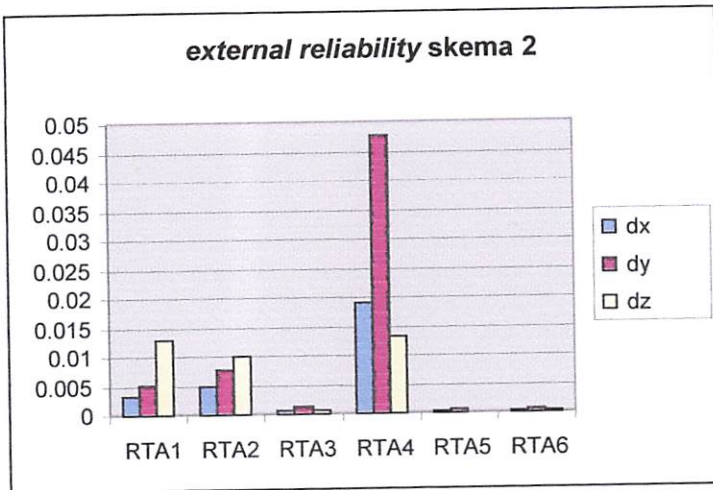
Tabel 4.23. *External reliability* skema 1



grafik 4.5. *External reliability* Jaring 1

TITIK	dX	dY	dZ
RTA1	0.0032	0.0053	0.0128
RTA2	0.0047	0.0076	0.0099
RTA3	0.0008	0.0013	0.0005
RTA4	0.0190	0.0476	0.0133
RTA5	0.0004	0.0007	0.0001
RTA6	0.0002	0.0005	0.0002

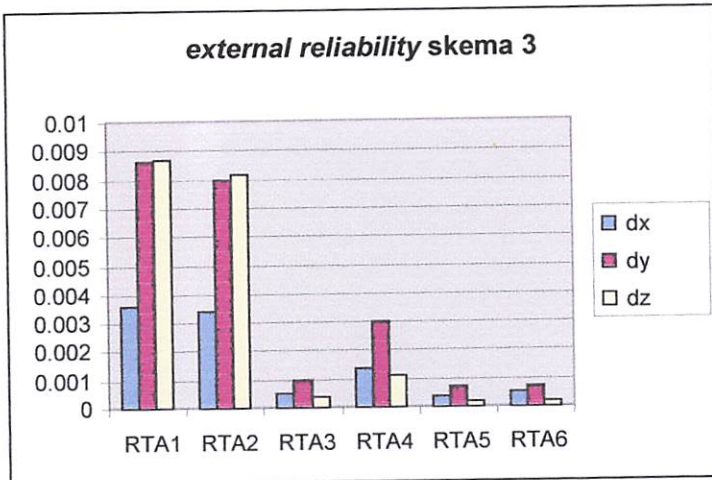
Tabel 4.24. *External reliability* skema 2



grafik 4.6. External reliability Jaringan 2

TITIK	dX	dY	dZ
RTA1	0.0036	0.0086	0.0087
RTA2	0.0034	0.0080	0.0082
RTA3	0.0005	0.0010	0.0004
RTA4	0.0014	0.0030	0.0011
RTA5	0.0004	0.0007	0.0002
RTA6	0.0005	0.0007	0.0002

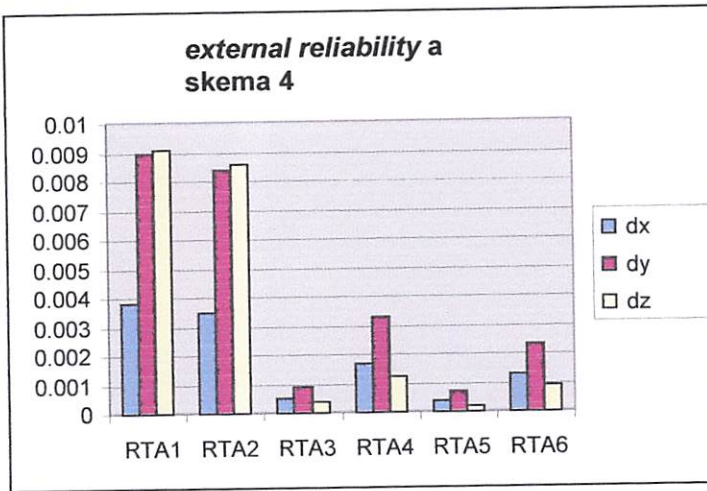
Tabel 4.25. External reliability skema 3



grafik 4.7. External reliability skema 3

TITIK	dX	dY	dZ
RTA1	0.0038	0.0090	0.0091
RTA2	0.0035	0.0084	0.0086
RTA3	0.0005	0.0009	0.0004
RTA4	0.0017	0.0033	0.0012
RTA5	0.0004	0.0007	0.0002
RTA6	0.0013	0.0023	0.0009

Tabel 4.26. External reliability skema 4



grafik 4.8. External reliability skema 4

Skema	RATA-RATA			External Reliability
	DX	DY	DZ	
Skema 1	0.0273	0.0659	0.0312	0.041466667
Skema 2	0.0047	0.0105	0.0061	0.0071
Skema 3	0.0016	0.0037	0.0031	0.0028
Skema 4	0.0019	0.0041	0.0034	0.003133333

Tabel 4.27. Nilai rata-rata External reliability masing-masing skema.

Keterangan:

1. Nilai *external reliability* yang besar menunjukkan bahwa terdapat kesalahan acak yang cukup berpengaruh pada ketelitian posisi titik.

Dari tabel 4. 23, 4.24, .25, 4.26, dan 4.27 serta grafik 4.5, 4.6, 4.7. dan 4.8 diatas didapat bahwa:

1. Pada masing-masing asumsi titik RTA4 memiliki nilai kesalahan acak yang terbesar
2. Nilai *external reliability* pada asumsi 2 lebih kecil dari skema 1, nilai *external reliability* pada skema 3 lebih kecil dari skema 2, dan nilai *external reliability* pada skema 4 tidak lebih baik dari nilai *external reliability* pada skema 3.
3. Penurunan nilai *external reliability* terbesar terjadi pada skema 2 dari skema 1 sebesar 0.03437, dimana jumlah *baseline* dalam jaringan ditambah dari tujuh menjadi delapan dan jumlah *loop* dalam jaringan ditambah dari dua menjadi tiga serta konektivitas pada RTA 3 ditambah dari dua menjadi tiga.
4. Pada RTA 3, nilai *external reliability* turun secara drastis ketika konektivitas pada titik tersebut ditambah dari tiga menjadi empat.

IV. 5. 5. Analisa Pengaruh Jumlah Konektivitas Titik pada Kualitas RTA03

Titik RTA03 adalah titik yang secara khusus diteliti tentang pengaruh dari penambahan jumlah konektivitas pada titik tersebut.

Berdasar atas analisa hasil perataan terhadap ketelitian titik dalam jaringan berdasar elips kesalahan absolut dan nilai *external reliability*, dapat dijelaskan dalam komparasi sebagai berikut:

	RTA03				RTA05			
	Sumbu Semi major	Azimuth	Sumbu Semi minor	Height	Sumbu Semi major	Azimuth	Sumbu Semi minor	Height
Skema1	0.1402	53.2	0.1068	0.2421	0.1374	54.6	0.1020	0.2360
Skema2	0.1175	61.3	0.0821	0.2021	0.1187	62.1	0.0827	0.2040
Skema3	0.0807	58.9	0.0587	0.1391	0.0821	60.4	0.0592	0.1415
Skema4	0.0736	58.9	0.0535	0.1268	0.0748	60.3	0.0539	0.1288

Tabel 4.28. Komparasi ellips kesalahan antara RTA03 dengan RTA05 pada Skema 1, Skema 2, Skema 3, dan Skema 4.

Dari tabel 4. 28 didapat bahwa:

1. Pada titik RTA03 dan RTA05 terjadi penurunan besaran sumbu semi mayor dan semi minor serta tinggi dari setiap skema.
2. Besaran sumbu semi mayor dan semi minor serta tinggi RTA03 lebih besar dari RTA05 pada skema 1 akan tetapi pada skema 2, 3 dan 4 besaran sumbu-sumbu tersebut pada RTA03 lebih kecil dari RTA05.

SKEMA	RTA03			RTA05			RTA06		
	DX	DY	DZ	DX	DY	DZ	DX	DY	DZ
1	0.0012	0.0022	0.0011	0.0005	0.0018	0.0004	0.0005	0.0018	0.0004
2	0.0008	0.0013	0.0005	0.0004	0.0007	0.0001	0.0002	0.0005	0.0002
3	0.0005	0.0010	0.0004	0.0004	0.0007	0.0002	0.0005	0.0007	0.0002
4	0.0005	0.0009	0.0004	0.0004	0.0007	0.0002	0.0013	0.0023	0.0009

Tabel 4.29. Komparasi nilai *external reliability* antara RTA03, RTA05 dan RTA06 pada Skema 1, 2, 3 dan 4.

Dari tabel 4. 29 didapat bahwa:

1. Pada RTA03 terjadi penurunan nilai *external reliability* setiap dilakukan penambahan konektivitas pada RTA03 dan penambahan *loop* dalam jaringan.

2. Pada RTA05 penurunan nilai *external reliability* hanya terjadi pada skema 2 dari skema1, sementara pada skema 2, 3 dan 4 nilai *external reliability*nya relatif tetap.
3. Pada RTA06, penurunan nilai *external reliability* hanya terjadi pada skema 2 dari skema1, sedangkan pada skema 3 dan 4 justru terjadi peningkatan.

IV. 5. 6. Koordinat Hasil Perataan Jaringan dalam Sistem Proyeksi Transverse Mercator

NAMA TITIK	Skema 1			Skema 2		
	UTM 49		TINGGI (m)	UTM 49		TINGGI (m)
	EASTING(m)	NORTHING(m)		EASTING(m)	NORTHING(m)	
RTA01	680808.0302	9168364.8815	49.1291	680808.0318	9168364.8730	49.1353
RTA02	671015.6278	9169281.6506	66.2674	671015.6436	9169281.6421	66.2402
RTA03	679672.7231	9178117.6014	44.8231	679672.6709	9178117.5960	44.8547
RTA04	668877.7311	9176800.5940	48.2993	668877.6818	9176800.5871	48.3387
RTA05	679608.2367	9185398.9270	43.6012	679608.2386	9185398.8794	42.6540
RTA06	667174.5014	9182472.6135	50.9007	667174.5021	9182472.6132	49.9830

Tabel 4.30. Daftar koordinat UTM Skema 1 dengan Skema 2

NAMA TITIK	Skema 3			Skema 4		
	UTM 49		TINGGI (m)	UTM 49		TINGGI (m)
	EASTING(m)	NORTHING(m)		EASTING(m)	NORTHING(m)	
RTA01	680808.1583	9168364.7881	49.2821	680808.1532	9168364.7911	49.2791
RTA02	671015.7259	9169281.5541	65.3711	671015.7270	9169281.5516	65.3683
RTA03	679672.8709	9178117.5114	44.9397	679672.8638	9178117.5250	44.9453
RTA04	668877.8791	9176800.5216	49.3911	668877.8815	9176800.5186	49.4040
RTA05	679608.3698	9185398.8503	42.4617	679608.3786	9185398.8479	42.4650
RTA06	667174.6402	9182472.5492	49.3386	667174.6521	9182472.5352	49.3430

Tabel 4.31. Daftar koordinat UTM skema 3 dengan skema 4

		RTA01	RTA02	RTA03	RTA04	RTA05	RTA06	Rata.rata
SKEMA 1- SKEMA 2	EASTING	-0.0016	-0.0158	0.0522	0.0493	-0.0019	-0.0007	0.01358
	NORTHING	0.009	0.009	0.005	0.007	0.048	0.001	0.01317
	TINGGI	-0.0062	0.0272	-0.0316	-0.0394	0.9472	0.9177	0.30248
SKEMA 2- SKEMA 3	EASTING	-0.1265	-0.0823	-0.2	-0.1973	-0.1312	-0.1381	-0.1459
	NORTHING	0.085	0.088	0.085	0.065	0.029	0.064	0.06933
	TINGGI	-0.1468	0.8691	-0.085	-1.0524	0.1923	0.6444	0.07027
SKEMA 3- SKEMA 4	EASTING	-0.0016	-0.0011	0.0071	-0.0024	-0.0088	-0.0119	-0.0031
	NORTHING	0.0051	0.002	-0.014	0.003	0.002	0.014	0.00202
	TINGGI	0.003	0.0028	-0.0056	-0.0129	-0.0033	-0.0044	-0.0034

Tabel 4.32. Selisih koordinat UTM antar skema dalam satuan meter.

Dari Tabel 4.30, 4.31 dan 4.32 didapatkan bahwa:

1. Selisih nilai koordinat tertinggi antara skema 1 dengan skema 2 untuk komponen *easting* adalah 0.0522m pada RTA03, komponen *northing* adalah 0.048m pada RTA05, dan komponen tinggi adalah 0.9472m pada RTA05.
2. Selisih nilai koordinat tertinggi antara skema 2 dengan skema 3 untuk komponen *easting* adalah -0.2m pada RTA03, komponen *northing* adalah 0.088m pada RTA02, dan komponen tinggi adalah -1.0524m pada RTA04.
3. Sedangkan selisih nilai koordinat tertinggi pada skema 3 dengan skema 4 untuk komponen *easting* adalah -0.0119m pada RTA06, komponen *northing* adalah -0.014m pada RTA03, dan komponen tinggi adalah -0.0129m pada RTA04.

BAB V

KESIMPULAN

Pada bab ini dibahas tentang kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian berdasar analisa dari hasil pelaksanaan penelitian dengan memperhatikan tujuan penelitian.

V.1. KESIMPULAN

Berdasarkan Analisa dan Pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Prosedur lapangan dan syarat standar titik kontrol GPS orde 2 telah dipenuhi pada skema 3, tetapi syarat maksimum kesalahan penutup *loop* standar titik kontrol GPS orde 2 sebesar 15 cm baru terpenuhi pada skema 4, dimana pada skema 4 kesalahan penutup *loop* terbesar, terdapat pada komponen *DZ loop* N1.0237-RTA01, N1.237-RTA3, RTA3-RTA1 sebesar 11.8cm.
2. Berdasarkan hasil statistik perataan jaringan, titik RTA3 yang secara khusus diteliti pengaruh jumlah konektivitasnya dapat dinyatakan sebagai berikut:
 - Penambahan konektivitas dari dua menjadi tiga tidak terlalu berpengaruh pada ketelitian RTA3.
 - Ketelitian titik RTA3 meningkat secara signifikan ketika konektivitas pada titik tersebut ditingkatkan dari tiga menjadi empat, dimana nilai rata-rata *external reliability* pada titik tersebut berkurang dari 0.00086m menjadi 0.00063m dan mengecilnya dimensi ellips kesalahan absolut, dimana besaran sumbu mayornya turun sebesar 0.0368m, sumbu minornya turun

sebesar 0.0234m, dan dimensi kesalahan tingginya turun sebesar 0.063m.

- Penambahan konektivitas pada titik RTA3 dari empat menjadi lima tidak terlalu berpengaruh pada peningkatan ketelitian titik tersebut.
3. Secara statistik berdasar nilai sigma apriori dan a posteriori, nilai residual, *external reliability* dan elips kesalahan absolut, hasil perataan pada skema 4 lebih baik dari skema 3 dan jauh lebih baik dari skema 2 dan skema 1.
 4. Terdapat peningkatan ketelitian yang cukup signifikan ketika dilaksanakan penambahan konektivitas dan *loop* dalam jaringan dari skema 2 ke skema 3, dimana nilai kesalahan penutup *loop* rata-rata turun sebesar 0.1699m dari 0.2753m menjadi 0.1054m, nilai sigma a posteriori turun sebesar 0.1071m dari 0.2977m menjadi 0.1906m, nilai residual perataan rata-rata juga turun sebesar 0.028m dari 0.09536m menjadi 0.6744m, dan dimensi elips kesalahan absolut juga mengecil sebesar 0.07416m untuk sumbu semi mayor, 0.03405m sumbu semi minor dan 0,09918m pada komponen tinggi.
 5. Peningkatan ketelitian titik berdasar nilai *external reliability* yang terbesar terjadi pada skema 2 dari skema 1 sebesar 0.407567m dari 0.041466667m menjadi 0.0071m.

V.2. SARAN

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini antara lain:

1. Dalam merencanakan desain jaringan untuk mencapai orde ketelitian yang diinginkan, hendaknya memperhatikan syarat dan standar prosedur lapangan sesuai dengan orde ketelitiannya dan sebagai langkah antisipasi, penambahan konektivitas pada titik yang memiliki *baseline* panjang dapat membantu meningkatkan ketelitian jaringan.
2. Jumlah konektivitas lebih dari 4 pada suatu titik tidak terlalu berpengaruh pada peningkatan ketelitian titik dan jaringan, sehingga sebaiknya tidak dilakukan penambahan konektivitas lebih dari 4 pada suatu titik dalam jaring GPS.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin HZ. (1999). *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Pradnya Paramitha.
- Abidin, Jones & Kahar. (1995): *Survai dengan GPS*. Pradnya Paramitha.
- Boz C. (1999). *GPS Surveying*. SNAP UNSW. www.gmat.unsw.ac.au/snap/gps/gps-surveying.htm
- Wolf & Ghilani. (1997). *Adjustment Computation*. Wiley Books.
- Harbaya, Matindas & Abidin. (1996). *Klasifikasi, Standar Survei dan Spesifikasi Survei Kontrol Geodesi*. BAKOSURTANAL.
- Harbaya. (2004). *Panduan Praktis Survei Penentuan Posisi dengan GPS*. BAKOSURTANAL.
- Harbaya. (2001). *GPS Abbreviations*. GPSat System Australia. www.GPSatSystem.com
- Harbaya, M. Geom. Sc. (2002). *Buku Ajar Matematika 2*. Teknik Geodesi ITN Malang.
- Harbaya. (1995). *Spesifikasi Teknis Pengukuran Titik Kerangka Kadastral Nasional Orde I dan Orde III dengan GPS*. Badan Pertanahan Nasional.
- Harbaya, Djawahir, Soeta'at, Riyadi, Prihandito, Muryamto, (1993). *Perhitungan Geodesi dan Proyeksi Peta*. PT. Petrakonsulindo Utama.

Lampiran



**BADAN KOORDINASI SURVEY DAN PEMETAAN NASIONAL
(B A K O S U R T A N A L)**

Jl. Raya Jakarta Bogor KM-16 - Cibinong, Telepon (021)8754654, Telex 48305 BAKOST LA

Fax. (021)8752064 - 8753067, PO BOX 46/CBI Cibinong

**P U S A T P E M E T A A N
B I D A N G S U R V E Y G E O D E S I
S I S T E M I N F O R M A S I G E O D E S I**

JARING KONTROL HORIZONTAL NASIONAL

Datum : WGS - 84 a : 6378137.000 m 1/f : 298.257223563 m

No.Stasiun : N1.0237

Nama : BUDURAN

Koordinat Geografi

Koordinat UTM

Lintang : S 7° 25' 42.7040"

Timur : 690119.139 m

Bujur : E 112° 43' 21.5944"

Utara : 9178508.710 m

Tinggi Ellipsoid : 31.8105 m

Zone : 49 Sf : 1.000050

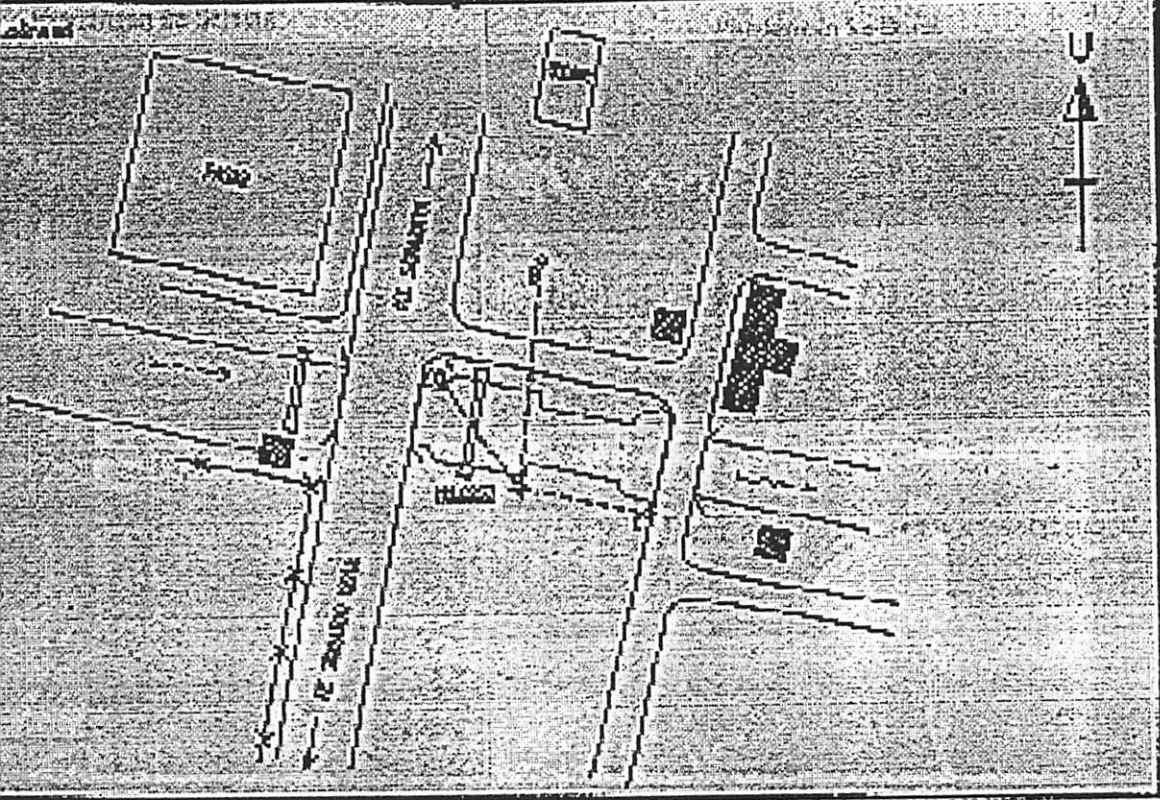
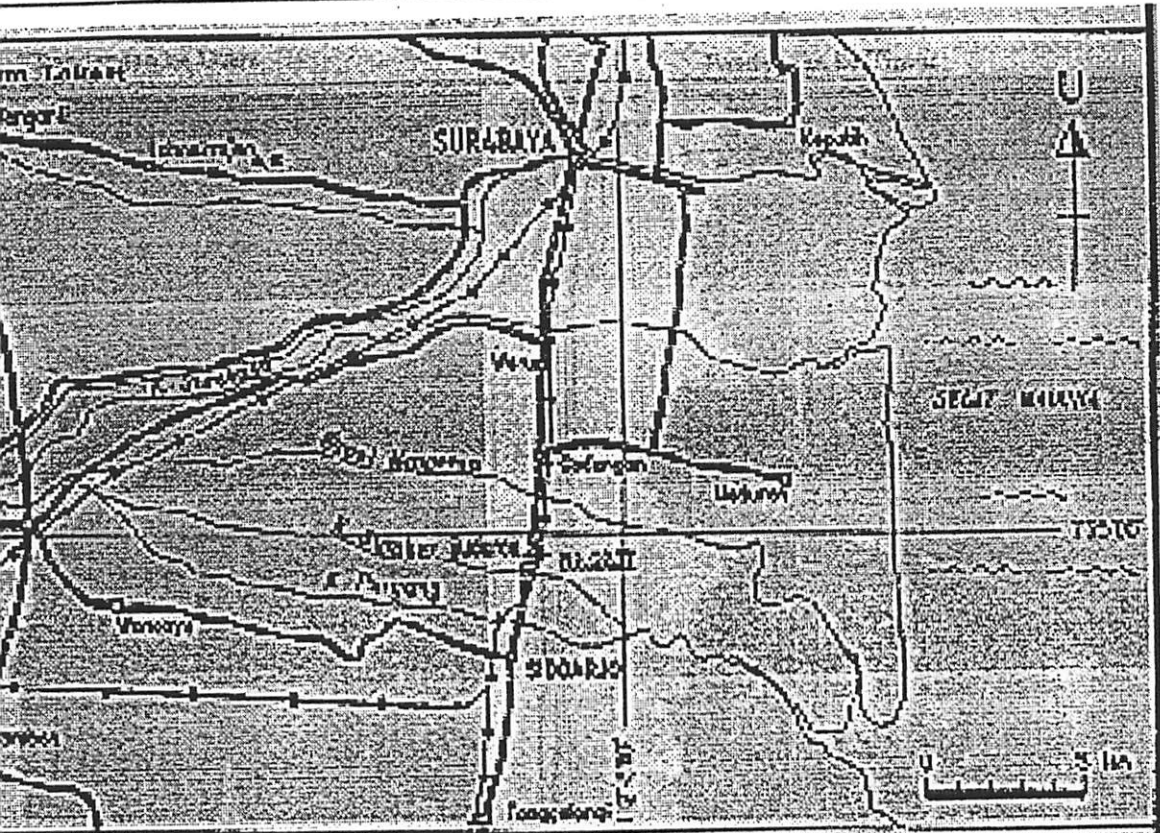
Konv. Grid : 13' 22.0430"

Koordinat Kartesian

X : -2443159.9583 m Y : 5834078.3245 m Z : -819154.8199 m

LOKASI STASIUN

Nama Stasiun : BUDURAN

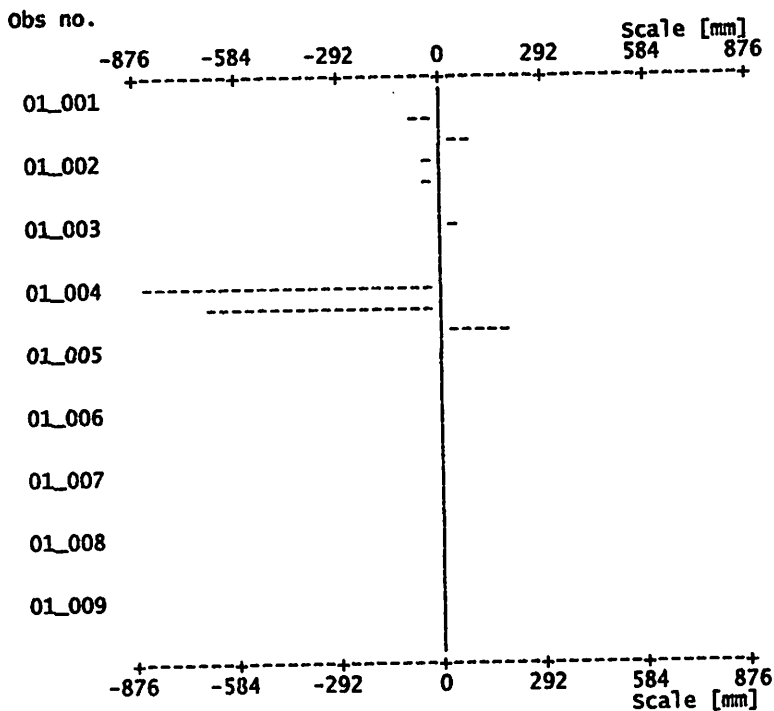


type : Minimal constrained
 observations : 27
 unknowns : 18
 freedom : 9
 groups : 1

fori : 0.0029 [m]
 steriori : 0.2602 [m]

To point	Obs no.	DX	DY	DZ	Length
RTA_01a	01_001	9064.851	2357.596	-10093.667	13769.963
RTA_02b	01_002	-8992.828	-3886.853	-870.548	9835.468
RTA_03.1	01_003	593.249	1622.605	9665.427	9818.618
RTA_04.1	01_004	-1628.120	-1722.046	-7449.116	7817.003
RTA_05.1	01_005	-9381.401	-4881.990	-6792.129	12568.911
RTA_05.1	01_006	-276.719	901.896	7220.274	7281.645
RTA_06.1	01_008	11615.500	4423.222	-2947.332	12773.860
RTA_06.1	01_009	-1312.080	-1339.562	-5618.497	5923.132

residuals:



Cartesian residuals:

To point	Obs no.	dx	dY	dZ
RTA_01a	01_001	-0.0021	-0.1023	0.0913
RTA_02b	01_002	-0.0438	-0.0424	0.0118
RTA_03.1	01_003	0.0398	0.0109	-0.0045
RTA_04.1	01_004	-0.8770	-0.6810	0.1896
RTA_05.1	01_005	0.0222	0.0184	-0.0081
RTA_05.1	01_006	0.0051	-0.0035	0.0003
RTA_06.1	01_008	0.0218	0.0002	-0.0022
RTA_06.1	01_009	-0.0107	-0.0013	-0.0003

MIN_C1.TXT

RTA_01a			RTA_02b		
0.25586	-0.33641	0.02284	0.25046	-0.32827	0.02120
-0.33641	0.89474	-0.12286	-0.32841	0.86961	-0.11707
0.02284	-0.12286	0.18722	0.02023	-0.11507	0.18107
0.25046	-0.32841	0.02023	0.44149	-0.54759	0.02671
-0.32827	0.86961	-0.11507	-0.54759	1.53935	-0.17414
0.02120	-0.11707	0.18107	0.02671	-0.17414	0.26146
0.16420	-0.21558	0.00611	0.16779	-0.21915	0.00630
-0.21055	0.50383	-0.05787	-0.21423	0.51259	-0.05852
0.00869	-0.05854	0.09039	0.00824	-0.05819	0.09017
0.15736	-0.20689	0.00362	0.16900	-0.22027	0.00629
-0.20188	0.48080	-0.05212	-0.21474	0.51120	-0.05825
0.00703	-0.05384	0.08512	0.00886	-0.05919	0.08826
0.15347	-0.20115	0.00056	0.15814	-0.20620	0.00117
-0.19692	0.46825	-0.04624	-0.20194	0.48029	-0.04780
0.00559	-0.04987	0.08157	0.00551	-0.05045	0.08190
0.15554	-0.20365	0.00165	0.16411	-0.21251	0.00289
-0.19917	0.47384	-0.04841	-0.20784	0.49434	-0.05164
0.00608	-0.05143	0.08315	0.00655	-0.05376	0.08475
RTA_03.1			RTA_04.1		
0.16420	-0.21055	0.00869	0.15736	-0.20188	0.00703
-0.21558	0.50383	-0.05854	-0.20689	0.48080	-0.05384
0.00611	-0.05787	0.09039	0.00362	-0.05212	0.08512
0.16779	-0.21423	0.00824	0.16900	-0.21474	0.00886
-0.21915	0.51259	-0.05819	-0.22027	0.51120	-0.05919
0.00630	-0.05852	0.09017	0.00629	-0.05825	0.08826
0.25486	-0.30415	0.00730	0.23428	-0.28065	0.00213
-0.30415	0.72348	-0.06863	-0.28060	0.66535	-0.05584
0.00730	-0.06863	0.09709	0.00115	-0.05487	0.08706
0.23428	-0.28060	0.00115	0.37399	-0.42589	0.02670
-0.28065	0.66535	-0.05487	-0.42589	0.99019	-0.11675
0.00213	-0.05584	0.08706	0.02670	-0.11675	0.13507
0.23675	-0.28289	0.00078	0.24292	-0.28894	0.00160
-0.28303	0.66944	-0.05452	-0.28900	0.68135	-0.05585
0.00260	-0.05658	0.08689	0.00242	-0.05694	0.08715
0.23531	-0.28169	0.00097	0.31879	-0.35487	0.00640
-0.28189	0.66747	-0.05466	-0.35520	0.82903	-0.07535
0.00250	-0.05637	0.08695	0.00707	-0.07611	0.10947
RTA_05.1			RTA_06.1		
0.15347	-0.19692	0.00559	0.15554	-0.19917	0.00608
-0.20115	0.46825	-0.04987	-0.20365	0.47384	-0.05143
0.00056	-0.04624	0.08157	0.00165	-0.04841	0.08315
0.15814	-0.20194	0.00551	0.16411	-0.20784	0.00655
-0.20620	0.48029	-0.05045	-0.21251	0.49434	-0.05376
0.00117	-0.04780	0.08190	0.00289	-0.05164	0.08475
0.23675	-0.28303	0.00260	0.23531	-0.28189	0.00250
-0.28289	0.66944	-0.05658	-0.28169	0.66747	-0.05637
0.00078	-0.05452	0.08689	0.00097	-0.05466	0.08695
0.24292	-0.28900	0.00242	0.31879	-0.35520	0.00707
-0.28894	0.68135	-0.05694	-0.35487	0.82903	-0.07611
0.00160	-0.05585	0.08715	0.00640	-0.07535	0.10947
0.24622	-0.29232	0.00241	0.24435	-0.29074	0.00219
-0.29232	0.68724	-0.05723	-0.29064	0.68448	-0.05677
0.00241	-0.05723	0.08732	0.00246	-0.05712	0.08724
0.24435	-0.29064	0.00246	0.32143	-0.35816	0.00752
-0.29074	0.68448	-0.05712	-0.35816	0.83460	-0.07708

MIN_C1.TXT

| 0.00219 -0.05677 0.08724 | 0.00752 -0.07708 0.10996 |

Cartesian variance / covariance information:

A_01a			RTA_02b		
0.25586	-0.33641	0.02284	0.44149	-0.54759	0.02671
0.33641	0.89474	-0.12286	-0.54759	1.53935	-0.17414
0.02284	-0.12286	0.18722	0.02671	-0.17414	0.26146
A_03.1			RTA_04_1		
0.25486	-0.30415	0.00730	0.37399	-0.42589	0.02670
0.30415	0.72348	-0.06863	-0.42589	0.99019	-0.11675
0.00730	-0.06863	0.09709	0.02670	-0.11675	0.13507
A_05.1			RTA_06.1		
0.24622	-0.29232	0.00241	0.32143	-0.35816	0.00752
0.29232	0.68724	-0.05723	-0.35816	0.83460	-0.07708
0.00241	-0.05723	0.08732	0.00752	-0.07708	0.10996

detection:

tau value: 2.51 for tuned Alpha: 1.82 [%]

nt	To point	obs no.	stand. resid.	R[%]
a	RTA_01a	01_001	0.02	34.94
			0.35	49.88
			0.28	90.37
b	RTA_02b	01_002	1.69	4.70
			0.82	4.97
			0.65	5.13
37	RTA_03.1	01_003	0.61	27.78
			0.09	29.23
			0.15	11.27
3.1	RTA_04_1	01_004	1.84	87.06
			0.78	89.23
			0.64	85.21
3.1	RTA_05.1	01_005	0.23	38.62
			0.14	23.25
			0.45	4.21
3.1	RTA_05.1	01_006	0.11	56.86
			0.06	45.08
			0.01	43.74
5.1	RTA_05.1	01_007	0.08	46.52
			0.03	56.80
			0.00	57.23
04_1	RTA_06.1	01_008	2.10	2.14
			0.02	0.78
			0.47	1.31
04_1	RTA_06.1	01_009	1.22	1.40
			0.09	0.79
			0.05	1.55

external reliability (cartesian):

m point	To point	obs no.	minimal detectable bias		
			X	Y	Z
0237	RTA_01a	01_001	0.0228	0.0413	0.0278
01a	RTA_02b	01_002	0.0417	0.0765	0.0266
01a	RTA_03.1	01_003	0.0187	0.0335	0.0204
02b	RTA_04_1	01_004	0.0418	0.0750	0.0265
0237	RTA_05.1	01_005	0.0200	0.0404	0.0295
03.1	RTA_05.1	01_006	0.0063	0.0104	0.0040
05.1	RTA_06.1	01_008	0.0386	0.0890	0.0265
04_1	RTA_06.1	01_009	0.0410	0.0925	0.0262

ability (cartesian):

dx	dy	dz
0.0031	0.0079	0.0085
0.0027	0.0073	0.0081
0.0012	0.0022	0.0011
0.0193	0.0449	0.0127
0.0005	0.0018	0.0004
0.0005	0.0018	0.0004

cartesian coordinates:

X:	-2443159.9583	fixed
Y:	5834078.3245	fixed
Z:	-819154.8199	fixed
X:	-2434099.1002 ±	0.13164 [m]
Y:	5836439.4025 ±	0.24617 [m]
Z:	-829248.2655 ±	0.11261 [m]
X:	-2425106.3164 ±	0.17292 [m]
Y:	5840326.2133 ±	0.32289 [m]
Z:	-828377.7059 ±	0.13307 [m]
X:	-2433505.8119 ±	0.13138 [m]
Y:	5838062.0182 ±	0.22136 [m]
Z:	-819582.8436 ±	0.08109 [m]
X:	-2423479.0733 ±	0.15915 [m]
Y:	5842047.5784 ±	0.25897 [m]
Z:	-820928.4009 ±	0.09564 [m]
X:	-2433782.5257 ±	0.12914 [m]
Y:	5838963.9168 ±	0.21575 [m]
Z:	-812362.5698 ±	0.07690 [m]
X:	-2422167.0038 ±	0.14755 [m]
Y:	5843387.1388 ±	0.23775 [m]
Z:	-815309.9040 ±	0.08630 [m]

confidence regions

level: 68.00 %
 n factor: 0.9946
 n factor: 1.5096

Semi major axis	Azimuth	Semi minor axis	Height
0.1671	21.5	0.1247	0.2660
0.2051	35.7	0.1691	0.3458
0.1402	53.2	0.1068	0.2420
0.1664	61.7	0.1280	0.2851
0.1374	54.6	0.1020	0.2360
0.1578	60.3	0.1165	0.2610

MIN_C3.TXT

RTA_02b	01_002	-0.0457	-0.0422	0.0117
RTA_03.1	01_003	0.0123	0.0087	-0.0031
RTA_03.1	01_004	0.0386	0.0079	-0.0039
RTA_04.1	01_005	0.0127	-0.0025	0.0020
RTA_04.1	01_006	-0.9116	-0.6792	0.1891
RTA_05.1	01_007	0.0117	0.0118	-0.0054
RTA_05.1	01_009	-0.0013	0.0034	-0.0005
RTA_06.1	01_010	0.0023	0.0022	-0.0014
RTA_06.1	01_011	-0.0000	-0.0034	0.0014

RTA_01a			RTA_02b		
0.23975	-0.30903	0.02038	0.23235	-0.29836	0.01840
-0.30903	0.84426	-0.10984	-0.29845	0.81219	-0.10293
0.02038	-0.10984	0.16433	0.01755	-0.10105	0.15736
0.23235	-0.29845	0.01755	0.45172	-0.55020	0.02486
-0.29836	0.81219	-0.10105	-0.55020	1.58262	-0.16886
0.01840	-0.10293	0.15736	0.02486	-0.16886	0.25031
0.10344	-0.13385	0.00102	0.10618	-0.13666	0.00128
-0.13079	0.31131	-0.02984	-0.13362	0.31814	-0.03059
0.00320	-0.03083	0.04856	0.00306	-0.03096	0.04864
0.10325	-0.13373	0.00124	0.10887	-0.14064	0.00275
-0.13051	0.31016	-0.03016	-0.13716	0.32608	-0.03351
0.00327	-0.03093	0.04850	0.00429	-0.03375	0.04996
0.09744	-0.12607	-0.00156	0.10049	-0.12943	-0.00111
-0.12335	0.29203	-0.02424	-0.12667	0.30005	-0.02538
0.00163	-0.02643	0.04429	0.00166	-0.02696	0.04459
0.10065	-0.12951	-0.00077	0.10506	-0.13443	0.00006
-0.12671	0.30043	-0.02626	-0.13153	0.31203	-0.02825
0.00211	-0.02808	0.04622	0.00247	-0.02948	0.04703

RTA_03.1			RTA_04.1		
0.10344	-0.13079	0.00320	0.10325	-0.13051	0.00327
-0.13385	0.31131	-0.03083	-0.13373	0.31016	-0.03093
0.00102	-0.02984	0.04856	0.00124	-0.03016	0.04850
0.10618	-0.13362	0.00306	0.10887	-0.13716	0.00429
-0.13666	0.31814	-0.03096	-0.14064	0.32608	-0.03375
0.00128	-0.03059	0.04864	0.00275	-0.03351	0.04996
0.16023	-0.18858	0.00136	0.15638	-0.18356	-0.00002
-0.18858	0.44664	-0.03570	-0.18349	0.43420	-0.03261
0.00136	-0.03570	0.05192	-0.00012	-0.03257	0.05005
0.15638	-0.18349	-0.00012	0.20676	-0.24546	0.01586
-0.18356	0.43420	-0.03257	-0.24546	0.57538	-0.06653
-0.00002	-0.03261	0.05005	0.01586	-0.06653	0.07125
0.15043	-0.17736	-0.00165	0.15549	-0.18377	0.00001
-0.17732	0.41788	-0.02893	-0.18374	0.43272	-0.03241
-0.00100	-0.02965	0.04706	0.00058	-0.03304	0.04910
0.15390	-0.18016	-0.00137	0.18372	-0.21206	0.00478
-0.18038	0.42574	-0.03006	-0.21241	0.49937	-0.04459
-0.00085	-0.03060	0.04846	0.00519	-0.04496	0.05914

RTA_05.1			RTA_06.1		
0.09744	-0.12335	0.00163	0.10065	-0.12671	0.00211
-0.12607	0.29203	-0.02643	-0.12951	0.30043	-0.02808
-0.00156	-0.02424	0.04429	-0.00077	-0.02626	0.04622
0.10049	-0.12667	0.00166	0.10506	-0.13153	0.00247
-0.12943	0.30005	-0.02696	-0.13443	0.31203	-0.02948
-0.00111	-0.02538	0.04459	0.00006	-0.02825	0.04703
0.15043	-0.17732	-0.00100	0.15390	-0.18038	-0.00085
-0.17736	0.41788	-0.02965	-0.18016	0.42574	-0.03060
-0.00165	-0.02893	0.04706	-0.00137	-0.03006	0.04846

	MIN_C3.TXT					
1	0.15549	-0.18374	0.00058	0.18372	-0.21241	0.00519
	-0.18377	0.43272	-0.03304	-0.21206	0.49937	-0.04496
	0.00001	-0.03241	0.04910	0.00478	-0.04459	0.05914
1.1	0.16817	-0.19657	0.00212	0.16076	-0.19034	0.00178
	-0.19657	0.46037	-0.03728	-0.19020	0.44702	-0.03583
	0.00212	-0.03728	0.05256	0.00194	-0.03596	0.05093
6.1	0.16076	-0.19020	0.00194	0.21089	-0.24088	0.01038
	-0.19034	0.44702	-0.03596	-0.24088	0.56310	-0.05697
	0.00178	-0.03583	0.05093	0.01038	-0.05697	0.06862

 ed Cartesian variance / covariance information:

RTA_01a			RTA_02b		
0.23975	-0.30903	0.02038	0.45172	-0.55020	0.02486
-0.30903	0.84426	-0.10984	-0.55020	1.58262	-0.16886
0.02038	-0.10984	0.16433	0.02486	-0.16886	0.25031
RTA_03.1			RTA_04_1		
0.16023	-0.18858	0.00136	0.20676	-0.24546	0.01586
0.18858	0.44664	-0.03570	-0.24546	0.57538	-0.06653
0.00136	-0.03570	0.05192	0.01586	-0.06653	0.07125
RTA_05.1			RTA_06.1		
0.16817	-0.19657	0.00212	0.21089	-0.24088	0.01038
0.19657	0.46037	-0.03728	-0.24088	0.56310	-0.05697
0.00212	-0.03728	0.05256	0.01038	-0.05697	0.06862

 er detection:

cal tau value: 2.53 for tuned Alpha: 1.20 [%]

point	To point	obs no.	Stand. resid.	R[%]
237	RTA_01a	01_001	0.06	46.31
			0.44	57.48
			0.36	92.76
01a	RTA_02b	01_002	2.20	4.86
			1.03	5.04
			0.80	5.26
237	RTA_03.1	01_003	0.15	55.11
			0.06	54.64
			0.08	46.51
01a	RTA_03.1	01_004	0.67	34.92
			0.08	32.98
			0.15	11.53
03.1	RTA_04_1	01_005	0.42	25.26
			0.04	32.26
			0.09	31.94
02b	RTA_04_1	01_006	2.39	89.94
			0.98	90.43
			0.80	87.13
0237	RTA_05.1	01_007	0.12	62.91
			0.08	55.56
			0.12	50.44
A_03.1	RTA_05.1	01_008	0.00	62.81
			0.05	52.88
			0.01	52.61
A_03.1	RTA_05.1	01_009	0.03	53.74
			0.05	62.92
			0.02	63.95
A_05.1	RTA_06.1	01_010	0.06	42.29
			0.05	29.83
			0.08	30.10
A_04_1	RTA_06.1	01_011	0.00	21.83
			0.07	25.96
			0.08	27.76

Liability (cartesian):

To point	Obs no.	minimal detectable bias		
		X	Y	Z
RTA_01a	01_001	0.0198	0.0384	0.0275
RTA_02b	01_002	0.0410	0.0760	0.0263
RTA_03.1	01_003	0.0149	0.0247	0.0085
RTA_03.1	01_004	0.0167	0.0316	0.0201
RTA_04_1	01_005	0.0104	0.0160	0.0062
RTA_04_1	01_006	0.0412	0.0745	0.0262
RTA_05.1	01_007	0.0156	0.0261	0.0085
RTA_05.1	01_008	0.0060	0.0096	0.0037
RTA_05.1	01_009	0.0069	0.0111	0.0043
RTA_06.1	01_010	0.0087	0.0144	0.0055
RTA_06.1	01_011	0.0104	0.0161	0.0062

Liability (cartesian):

dx	dy	dz
0.0036	0.0086	0.0087
0.0034	0.0080	0.0082
0.0005	0.0010	0.0004
0.0014	0.0030	0.0011
0.0004	0.0007	0.0002
0.0005	0.0007	0.0002

Cartesian coordinates:

X:	-2443159.9583	fixed
Y:	5834078.3245	fixed
Z:	-819154.8199	fixed
X:	-2434099.0906 ±	0.09333 [m]
Y:	5836439.4022 ±	0.17514 [m]
Z:	-829248.2654 ±	0.07727 [m]
X:	-2425106.3087 ±	0.12811 [m]
Y:	5840326.2132 ±	0.23979 [m]
Z:	-828377.7059 ±	0.09537 [m]
X:	-2433505.8034 ±	0.07630 [m]
Y:	5838062.0149 ±	0.12739 [m]
Z:	-819582.8428 ±	0.04343 [m]
X:	-2423479.1002 ±	0.08667 [m]
Y:	5842047.5803 ±	0.14459 [m]
Z:	-820928.4013 ±	0.05088 [m]
X:	-2433782.5224 ±	0.07817 [m]
Y:	5838963.9146 ±	0.12933 [m]
Z:	-812362.5694 ±	0.04370 [m]
X:	-2422167.0200 ±	0.08753 [m]
Y:	5843387.1385 ±	0.14303 [m]
Z:	-815309.9028 ±	0.04993 [m]

95% confidence regions

Confidence level: 68.00 %
 Correction factor: 0.9946
 Inflation factor: 1.5096

Semi major axis	Azimuth	Semi minor axis	Height
0.1154	24.8	0.0905	0.1885
0.1498	43.0	0.1258	0.2559
0.0807	58.9	0.0587	0.1391
0.0890	62.5	0.0680	0.1588
0.0821	60.4	0.0592	0.1415

0.0914

63.8

MIN_C3.TXT
0.0678

0.1570

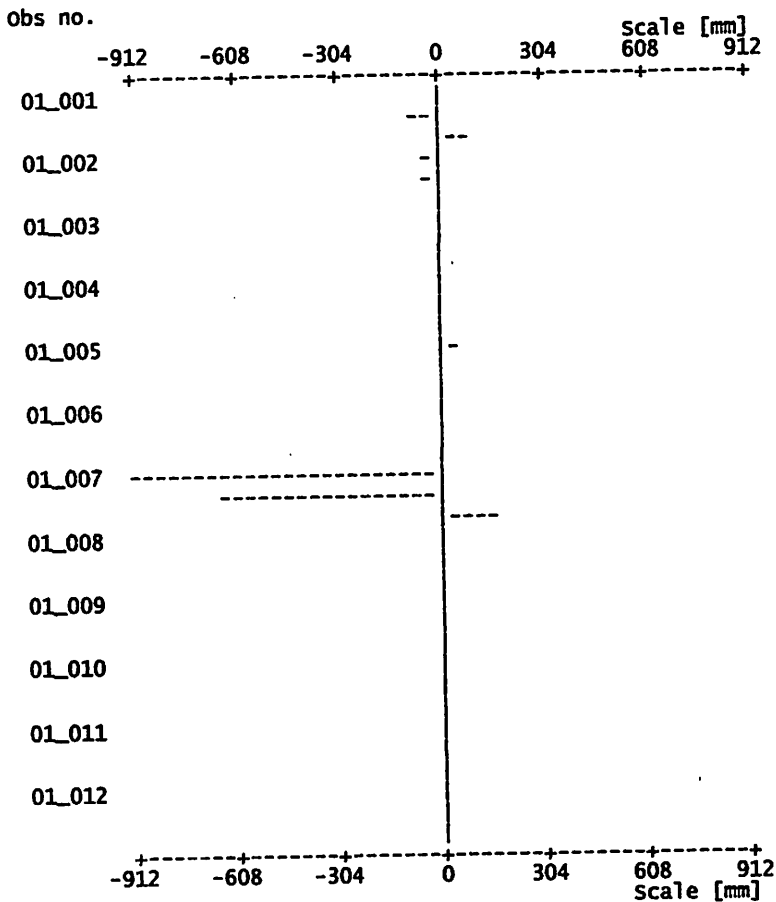
MIN_C4.TXT

type : Minimal constrained
 observations : 36
 unknowns : 18
 freedom : 18
 groups : 1

priori : 0.0026 [m]
 posteriori : 0.1673 [m]

To point	Obs no.	DX	DY	DZ	Length
RTA_01a	01_001	9064.856	2357.580	-10093.645	13769.963
RTA_02b	01_002	-8992.828	-3886.853	-870.548	9835.468
RTA_03.1	01_003	-9658.120	-3980.090	428.146	10454.842
RTA_03.1	01_004	-11338.780	-5325.122	-4272.943	13235.667
RTA_03.1	01_005	593.306	1622.490	9665.381	9818.618
RTA_04.1	01_006	10026.691	3985.568	-1345.561	10873.353
RTA_04.1	01_007	-1627.116	-1721.245	-7449.217	7817.003
RTA_05.1	01_008	9381.401	4881.990	6792.129	12568.911
RTA_05.1	01_009	276.717	-901.894	-7220.275	7281.645
RTA_06.1	01_011	11615.500	4423.222	-2947.332	12773.860
RTA_06.1	01_012	1312.080	1339.562	5618.497	5923.132

residuals:



Cartesian residuals:

MIN_C4.TXT

To point	Obs no.	dx	dy	dz
RTA_01a	01_001	-0.0062	-0.1069	0.0937
RTA_02b	01_002	-0.0457	-0.0422	0.0117
RTA_03.1	01_003	0.0123	0.0090	-0.0033
RTA_03.1	01_004	-0.0023	-0.0005	0.0013
RTA_03.1	01_005	0.0386	0.0080	-0.0039
RTA_04.1	01_006	0.0121	-0.0032	0.0026
RTA_04.1	01_007	-0.9121	-0.6797	0.1897
RTA_05.1	01_008	0.0116	0.0115	-0.0053
RTA_05.1	01_009	-0.0001	-0.0030	0.0002
RTA_06.1	01_011	0.0012	0.0015	-0.0005
RTA_06.1	01_012	-0.0006	-0.0039	0.0019

RTA_01a			RTA_02b		
0.25958	-0.33452	0.02199	0.25160	-0.32304	0.01987
-0.33452	0.91390	-0.11878	-0.32314	0.87936	-0.11135
0.02199	-0.11878	0.17784	0.01897	-0.10934	0.17033
0.25160	-0.32314	0.01897	0.48920	-0.59582	0.02690
-0.32304	0.87936	-0.10934	-0.59582	1.71386	-0.18281
0.01987	-0.11135	0.17033	0.02690	-0.18281	0.27103
0.11185	-0.14463	0.00094	0.11492	-0.14783	0.00127
-0.14133	0.33629	-0.03198	-0.14455	0.34407	-0.03290
0.00335	-0.03310	0.05239	0.00325	-0.03338	0.05254
0.11246	-0.14591	0.00181	0.11818	-0.15287	0.00329
-0.14232	0.33848	-0.03358	-0.14904	0.35460	-0.03688
0.00380	-0.03415	0.05303	0.00479	-0.03690	0.05446
0.10580	-0.13706	-0.00143	0.10895	-0.14045	-0.00103
-0.13404	0.31746	-0.02673	-0.13742	0.32562	-0.02780
0.00190	-0.02894	0.04819	0.00186	-0.02937	0.04844
0.11035	-0.14253	0.00018	0.11434	-0.14677	0.00075
-0.13929	0.33082	-0.03040	-0.14351	0.34098	-0.03188
0.00287	-0.03185	0.05119	0.00298	-0.03271	0.05171

RTA_03.1			RTA_04.1		
0.11185	-0.14133	0.00335	0.11246	-0.14232	0.00380
-0.14463	0.33629	-0.03310	-0.14591	0.33848	-0.03415
0.00094	-0.03198	0.05239	0.00181	-0.03358	0.05303
0.11492	-0.14455	0.00325	0.11818	-0.14904	0.00479
-0.14783	0.34407	-0.03338	-0.15287	0.35460	-0.03690
0.00127	-0.03290	0.05254	0.00329	-0.03688	0.05446
0.17316	-0.20361	0.00123	0.17079	-0.20076	0.00050
-0.20361	0.48208	-0.03813	-0.20080	0.47519	-0.03653
0.00123	-0.03813	0.05593	0.00059	-0.03669	0.05496
0.17079	-0.20080	0.00059	0.21795	-0.25903	0.01581
-0.20076	0.47519	-0.03669	-0.25903	0.60787	-0.06897
0.00050	-0.03653	0.05496	0.01581	-0.06897	0.07521
0.16352	-0.19308	-0.00141	0.16607	-0.19594	-0.00081
-0.19295	0.45484	-0.03206	-0.19588	0.46176	-0.03344
-0.00081	-0.03271	0.05130	-0.00015	-0.03419	0.05233
0.16967	-0.19949	0.00006	0.18651	-0.21535	0.00218
-0.19951	0.47153	-0.03561	-0.21559	0.50860	-0.04163
0.00027	-0.03582	0.05416	0.00248	-0.04189	0.05970

RTA_05.1			RTA_06.1		
0.10580	-0.13404	0.00190	0.11035	-0.13929	0.00287
-0.13706	0.31746	-0.02894	-0.14253	0.33082	-0.03185
-0.00143	-0.02673	0.04819	0.00018	-0.03040	0.05119
0.10895	-0.13742	0.00186	0.11434	-0.14351	0.00298
-0.14045	0.32562	-0.02937	-0.14677	0.34098	-0.03271
-0.00103	-0.02780	0.04844	0.00075	-0.03188	0.05171

MIN_C4.TXT

0.16352	-0.19295	-0.00081	0.16967	-0.19951	0.00027
-0.19308	0.45484	-0.03271	-0.19949	0.47153	-0.03582
-0.00141	-0.03206	0.05130	0.00006	-0.03561	0.05416
0.16607	-0.19588	-0.00015	0.18651	-0.21559	0.00248
-0.19594	0.46176	-0.03419	-0.21535	0.50860	-0.04189
-0.00081	-0.03344	0.05233	0.00218	-0.04163	0.05970
0.18117	-0.21144	0.00187	0.16924	-0.19956	0.00007
-0.21144	0.49543	-0.03955	-0.19942	0.46957	-0.03515
0.00187	-0.03955	0.05655	0.00043	-0.03553	0.05328
0.16924	-0.19942	0.00043	0.20235	-0.23046	0.00437
-0.19956	0.46957	-0.03553	-0.23046	0.54184	-0.04701
0.00007	-0.03515	0.05328	0.00437	-0.04701	0.06467

tesian variance / covariance information:

a			RTA_02b		
58	-0.33452	0.02199	0.48920	-0.59582	0.02690
52	0.91390	-0.11878	-0.59582	1.71386	-0.18281
99	-0.11878	0.17784	0.02690	-0.18281	0.27103
.1			RTA_04_1		
16	-0.20361	0.00123	0.21795	-0.25903	0.01581
61	0.48208	-0.03813	-0.25903	0.60787	-0.06897
23	-0.03813	0.05593	0.01581	-0.06897	0.07521
.1			RTA_06.1		
17	-0.21144	0.00187	0.20235	-0.23046	0.00437
44	0.49543	-0.03955	-0.23046	0.54184	-0.04701
87	-0.03955	0.05655	0.00437	-0.04701	0.06467

ection:

au value: 2.70 for tuned Alpha: 0.75 [%]

To point	Obs no.	Stand. resid.	R[%]
RTA_01a	01_001	0.07	46.32
		0.48	57.50
		0.39	92.77
RTA_02b	01_002	2.41	4.87
		1.13	5.05
		0.88	5.27
RTA_03.1	01_003	0.16	55.20
		0.07	54.75
		0.09	46.79
RTA_03.1	01_004	0.07	57.94
		0.01	50.24
		0.07	51.22
RTA_03.1	01_005	0.74	34.96
		0.09	33.00
		0.17	11.55
RTA_04_1	01_006	0.38	36.87
		0.05	43.64
		0.12	41.99
RTA_04_1	01_007	2.62	90.08
		1.08	90.51
		0.88	87.28
RTA_05.1	01_008	0.13	63.10
		0.08	55.75
		0.13	50.75
RTA_05.1	01_009	0.00	64.91
		0.06	57.80
		0.01	57.63
RTA_05.1	01_010	0.04	55.94

		MIN_C4.TXT	
		0.04	66.51
		0.01	67.13
RTA_06.1	01_011	0.03	57.34
		0.03	49.92
		0.03	50.52
RTA_06.1	01_012	0.02	32.47
		0.08	35.33
		0.10	37.09

Reliability (cartesian):

To point	Obs no.	minimal detectable bias		
		X	Y	Z
RTA_01a	01_001	0.0208	0.0404	0.0289
RTA_02b	01_002	0.0431	0.0798	0.0276
RTA_03.1	01_003	0.0156	0.0259	0.0089
RTA_03.1	01_004	0.0070	0.0104	0.0041
RTA_03.1	01_005	0.0175	0.0331	0.0211
RTA_04.1	01_006	0.0090	0.0144	0.0057
RTA_04.1	01_007	0.0432	0.0782	0.0275
RTA_05.1	01_008	0.0164	0.0274	0.0089
RTA_05.1	01_009	0.0062	0.0097	0.0037
RTA_06.1	01_011	0.0078	0.0117	0.0045
RTA_06.1	01_012	0.0089	0.0145	0.0056

Reliability (cartesian):

dx	dy	dz
0.0038	0.0090	0.0091
0.0035	0.0084	0.0086
0.0005	0.0009	0.0004
0.0017	0.0033	0.0012
0.0004	0.0007	0.0002
0.0013	0.0023	0.0009

Cartesian coordinates:

X:	-2443159.9583	fixed
Y:	5834078.3245	fixed
Z:	-819154.8199	fixed
X:	-2434099.0904 ±	0.08521 [m]
Y:	5836439.4025 ±	0.15989 [m]
Z:	-829248.2655 ±	0.07053 [m]
X:	-2425106.3085 ±	0.11698 [m]
Y:	5840326.2135 ±	0.21896 [m]
Z:	-828377.7060 ±	0.08707 [m]
X:	-2433505.8031 ±	0.06960 [m]
Y:	5838062.0154 ±	0.11613 [m]
Z:	-819582.8430 ±	0.03956 [m]
X:	-2423479.1005 ±	0.07808 [m]
Y:	5842047.5800 ±	0.13040 [m]
Z:	-820928.4008 ±	0.04587 [m]
X:	-2433782.5222 ±	0.07119 [m]
Y:	5838963.9145 ±	0.11773 [m]
Z:	-812362.5693 ±	0.03977 [m]
X:	-2422167.0209 ±	0.07524 [m]
Y:	5843387.1377 ±	0.12312 [m]
Z:	-815309.9018 ±	0.04253 [m]

-D confidence regions

e level: 68.00 %
 ion factor: 0.9946
 ion factor: 1.5096

MIN_C4.TXT

Semi major axis	Azimuth	Semi minor axis	Height
0.1053	24.9	0.0826	0.1721
0.1368	43.0	0.1149	0.2337
0.0736	58.9	0.0535	0.1268
0.0803	61.9	0.0613	0.1432
0.0748	60.3	0.0539	0.1288
0.0796	62.0	0.0579	0.1348